

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA**  
**ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**

**AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO IN SITU  
(ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS CONVENCIONAIS/ANA) E ORBITAIS (MISSÃO  
TRMM), EM MONTE CARMELO-MG**

**Joanderson dos Santos Cruz**

**Monte Carmelo**

**2022**

**JOANDERSON DOS SANTOS CRUZ**

**AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO IN SITU  
(ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS CONVENCIONAIS/ANA) E ORBITAIS (MISSÃO  
TRMM), EM MONTE CARMELO-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Mirna Karla Amorim da Silva

**Monte Carmelo**

**2022**

**JOANDERSON DOS SANTOS CRUZ**

**AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO IN SITU  
(ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS CONVENCIONAIS/ANA) E ORBITAIS (MISSÃO  
TRMM), EM MONTE CARMELO-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Mirna Karla Amorim da Silva

Aprovado em: 19 / 12 / 2022

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Mirna Karla Amorim da Silva (Orientadora)  
Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Luziane Ribeiro Indjai  
Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo

---

Prof.<sup>o</sup> Dr. Rodrigo Bezerra Araújo Gallis  
Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, e pela condução no caminho com as devidas lições de amor, fraternidade e compaixão.

Aos meus pais, Ivone Rosa dos Santos e Joilson dos Santos Cruz, por terem me dado força e sustentabilidade financeira até a chegada desse momento.

Aos meus irmãos Ester dos Santos Cruz, João Pedro dos Santos Cruz e, em especial, ao meu irmão Willian dos Santos Cruz, pelo companheirismo, pelas oportunidades de aprendizagem e troca de experiências, ao longo da jornada.

Aos meus amigos, que durante o percurso, fizeram parte da minha graduação e estiveram sempre comigo dando força e incentivo para alcançar, muito obrigado.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Mirna Karla Amorim da Silva, pelo incentivo, confiança e compreensão, bem como, pela constante ajuda e orientação neste trabalho, contribuição fundamental para minha formação profissional.

*“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser... mas Graças a Deus, não somos o que éramos”.*

*(Martin Luther King Jr.)*

## RESUMO

A precipitação pluvial está inserida no ciclo hidrológico e constitui uma função importante no balanço hídrico do nosso planeta. Quantificar e compreender a variação espacial e temporal da precipitação pluviométrica permite identificar a demanda hídrica da região, sendo assim, um elemento primordial para o planejamento sustentável. Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar a correspondência entre os dados estimados de precipitação pelo produto 3B43, versão 7, do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), e os dados observados em estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio de parâmetros estatísticos, como: Erro Médio (EM), Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ), coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), índice de concordância ( $d$ ) e índice de desempenho ( $c$ ). Os dados avaliados de precipitação pluvial foram do município de Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil. O município possui sua sede localizada na região do Triângulo mineiro/Alto Paranaíba do Estado, nas coordenadas geográficas 18°43'30" de latitude sul, 47°29'56" de longitude oeste e 890 m de altitude. Foram elaborados mapas de distribuição pluviométrica média mensal e anual da área de estudo a partir da série histórica dos anos 2000 a 2010 dos dados orbitais do satélite TRMM e dos dados observados pelas estações pluviométricas da ANA. Os dados estimados pelo satélite TRMM foram similares aos dados observados pelas estações pluviométricas, com alta correlação linear ( $r = 0,94$ ), alto índice de concordância ( $d = 0,97$ ) e alto índice de desempenho ( $c = 0,90$ ) entre os dados. Desta forma, as estimativas de precipitação pluvial do produto 3B43, do satélite TRMM, produz uma boa representação da variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica em Monte Carmelo, se provando como fonte alternativa de dados pluviométricos de qualidade.

**Palavras-chave:** Monte Carmelo, precipitação, TRMM, estações pluviométricas, parâmetros estatísticos.

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1</b> – Fórmula: Altura Pluviométrica (P) .....	14
<b>Equação 2</b> – Fórmula: interpolação <i>IDW</i> ( $Z^*$ ) .....	16
<b>Equação 3</b> – Fórmula: Erro Médio (EM) .....	22
<b>Equação 4</b> – Fórmula: Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ).....	22
<b>Equação 5</b> – Fórmula: Coeficiente de correlação linear de Pearson (r) .....	22
<b>Equação 6</b> – Fórmula: Índice de concordância (d).....	22
<b>Equação 7</b> – Fórmula: Índice de desempenho (c) .....	22

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Ciclo hidrológico.....	7
<b>Figura 2</b> – Precipitação frontal .....	10
<b>Figura 3</b> – Precipitação convectiva.....	11
<b>Figura 4</b> – Precipitação orográfica .....	12
<b>Figura 5</b> – Tipos de órbitas de satélite.....	17
<b>Figura 6</b> – Obtenção de imagens por sensoriamento remoto .....	18
<b>Figura 7</b> - Componentes do satélite TRMM.....	21
<b>Figura 8</b> – Localização da área de estudo.....	25
<b>Figura 9</b> – Fluxograma dos processos metodológicos.....	27
<b>Figura 10</b> – Localização das estações pluviométricas próximas à área de estudo .....	28
<b>Figura 11</b> – Localização dos Pontos TRMM próximos à área de estudo.....	35
<b>Figura 12</b> – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica "Charqueada do Patrocínio" (2000-2010).....	42
<b>Figura 13</b> – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P1) e Estação Pluviométrica "Charqueada do Patrocínio". .....	43
<b>Figura 14</b> – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica "Charqueada do Patrocínio" (2000-2010).....	44
<b>Figura 15</b> – Diagrama de dispersão "Charqueada do Patrocínio" (2000-2010).....	46
<b>Figura 16</b> – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica "Monte Carmelo" (2000-2010) .....	48
<b>Figura 17</b> - Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P2) e Estação Pluviométrica "Monte Carmelo" .....	49
<b>Figura 18</b> – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica "Monte Carmelo" (2000-2010) .....	50
<b>Figura 19</b> – Diagrama de dispersão "Monte Carmelo" (2000-2010) .....	52
<b>Figura 20</b> – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica "Estrela do Sul" (2000-2010).....	54
<b>Figura 21</b> – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P3) e Estação Pluviométrica "Estrela do Sul" .....	55
<b>Figura 22</b> – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica "Estrela do Sul" (2000-2010).....	56

<b>Figura 23</b> – Diagrama de dispersão “Estrela do Sul” (2000 – 2010). .....	58
<b>Figura 24</b> – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P4) e Estação pluviométrica “Abadia dos Dourados” (2000-2010).....	60
<b>Figura 25</b> – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P4) e Estação Pluviométrica “Abadia dos Dourados”.....	61
<b>Figura 26</b> – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P4) e Estação pluviométrica “Abadia dos Dourados” (2000-2010).....	62
<b>Figura 27</b> – Diagrama de dispersão “Abadia dos Dourados” (2000 – 2010). .....	64
<b>Figura 28</b> – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P5) e Estação pluviométrica “Cascalho Rico” (2000-2010) .....	66
<b>Figura 29</b> - Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P5) e Estação Pluviométrica “Cascalho Rico”.....	67
<b>Figura 30</b> – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P5) e Estação pluviométrica “Cascalho Rico” (2000-2010) .....	68
<b>Figura 31</b> – Diagrama de dispersão “Cascalho Rico” (2000-2010) .....	70
<b>Figura 32</b> – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P6) e Estação pluviométrica “Coromandel” (2000-2010).....	72
<b>Figura 33</b> – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P6) e Estação Pluviométrica “Coromandel” .....	73
<b>Figura 34</b> – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P6) e Estação pluviométrica “Coromandel” (2000-2010).....	74
<b>Figura 35</b> – Diagrama de dispersão “Coromandel” (2000 – 2010).....	76
<b>Figura 36</b> – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P7) e Estação pluviométrica “Iraí de Minas” (2000-2010) .....	78
<b>Figura 37</b> – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P7) e Estação Pluviométrica “Iraí de Minas” .....	79
<b>Figura 38</b> – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P7) e Estação pluviométrica “Iraí de Minas” (2000-2010).....	80
<b>Figura 39</b> – Diagrama de dispersão “Iraí de Minas” (2000–2010) .....	82
<b>Figura 40</b> – Precipitação pluvial mensal (mm) de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2010: Comparação TRMM e Estações Pluviométricas .....	83
<b>Figura 41</b> – Diagrama de dispersão para cada localidade avaliada (A-G) e global (H), considerando todos os dados conjuntamente.....	84

<b>Figura 42</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Janeiro, Fevereiro e Março). .....	87
<b>Figura 43</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Abril, Maio e Junho). .....	87
<b>Figura 44</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Julho, Agosto e Setembro). .....	88
<b>Figura 45</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Outubro, Novembro e Dezembro). .....	88
<b>Figura 46</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Janeiro, Fevereiro e Março). .....	89
<b>Figura 47</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Abril, Maio e Junho). .....	90
<b>Figura 48</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Julho, Agosto e Setembro). .....	90
<b>Figura 49</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Outubro, Novembro e Dezembro). .....	91
<b>Figura 50</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2000, 2001 e 2002). ....	92
<b>Figura 51</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2003, 2004 e 2005). ....	92
<b>Figura 52</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2006, 2007 e 2008). ....	93
<b>Figura 53</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2009 e 2010). .....	93
<b>Figura 54</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2000, 2001 e 2002). .....	94
<b>Figura 55</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2003, 2004 e 2005). .....	95
<b>Figura 56</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2006, 2007 e 2008). .....	95
<b>Figura 57</b> – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2009 e 2010). .....	96
<b>Figura 58</b> – Mapa da Precipitação Pluviométrica Média da Série Histórica - EP (11 anos)...	97
<b>Figura 59</b> – Mapa da Precipitação Pluviométrica Média da Série Histórica - TRMM (11 anos). .....	98

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Produtos do satélite TRMM derivado da análise de múltiplas fontes TMPA .....	21
<b>Tabela 2</b> – Estações pluviométricas de interesse .....	28
<b>Tabela 3</b> – Banco de dados da Estação Pluviométrica Charqueada do Patrocínio .....	30
<b>Tabela 4</b> – Banco de dados da Estação Pluviométrica Monte Carmelo .....	31
<b>Tabela 5</b> – Banco de dados da Estação Pluviométrica Estrela do Sul .....	31
<b>Tabela 6</b> – Banco de dados da Estação Pluviométrica Abadia dos Dourados .....	31
<b>Tabela 7</b> – Banco de dados da Estação Pluviométrica Cascalho Rico .....	32
<b>Tabela 8</b> – Banco de dados da Estação Pluviométrica Coromandel .....	32
<b>Tabela 9</b> – Banco de dados da Estação Pluviométrica Iraí de Minas .....	33
<b>Tabela 10</b> – Pontos do satélite TRMM de interesse .....	35
<b>Tabela 11</b> – Banco de dados do Ponto TRMM (P1) .....	36
<b>Tabela 12</b> – Banco de dados do Ponto TRMM (P2) .....	36
<b>Tabela 13</b> – Banco de dados do Ponto TRMM (P3) .....	37
<b>Tabela 14</b> – Banco de dados do Ponto TRMM (P4) .....	37
<b>Tabela 15</b> – Banco de dados do Ponto TRMM (P5) .....	37
<b>Tabela 16</b> – Banco de dados do Ponto TRMM (P6) .....	38
<b>Tabela 17</b> – Banco de dados do Ponto TRMM (P7) .....	38
<b>Tabela 18</b> – Classificação de Hopkins (2000) .....	40
<b>Tabela 19</b> – Critério de Camargo e Sentelhas (1997) .....	40
<b>Tabela 20</b> – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica “Charqueada do Patrocínio” .....	41
<b>Tabela 21</b> – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica “Charqueada do Patrocínio” .....	44
<b>Tabela 22</b> – Análise estatística do Ponto TRMM (P1) e Estação pluviométrica “Charqueada do Patrocínio” .....	45
<b>Tabela 23</b> – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica “Monte Carmelo” .....	47
<b>Tabela 24</b> – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica “Monte Carmelo” .....	50
<b>Tabela 25</b> – Análise estatística do Ponto TRMM (P2) e Estação pluviométrica “Monte Carmelo” .....	51

<b>Tabela 26</b> – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica “Estrela do Sul”.	53
<b>Tabela 27</b> – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica “Estrela do Sul”.	55
<b>Tabela 28</b> – Análise estatística do Ponto TRMM (P3) e Estação pluviométrica “Estrela do Sul”.	57
<b>Tabela 29</b> – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P4) e Estação Pluviométrica “Abadia dos Dourados”.	59
<b>Tabela 30</b> – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P4) e Estação Pluviométrica “Abadia dos Dourados”.	61
<b>Tabela 31</b> – Análise estatística do Ponto TRMM (P4) e Estação pluviométrica “Abadia dos Dourados”.	63
<b>Tabela 32</b> – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P5) e Estação Pluviométrica “Cascalho Rico”.	65
<b>Tabela 33</b> – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P5) e Estação Pluviométrica “Cascalho Rico”.	68
<b>Tabela 34</b> – Análise estatística do Ponto TRMM (P5) e Estação pluviométrica “Cascalho Rico”.	69
<b>Tabela 35</b> – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P6) e Estação Pluviométrica “Coromandel”.	71
<b>Tabela 36</b> – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P6) e Estação Pluviométrica “Coromandel”.	73
<b>Tabela 37</b> – Análise estatística do Ponto TRMM (P6) e Estação pluviométrica “Coromandel”.	75
<b>Tabela 38</b> – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P7) e Estação Pluviométrica “Iraí de Minas”.	77
<b>Tabela 39</b> – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P7) e Estação Pluviométrica “Iraí de Minas”.	79
<b>Tabela 40</b> – Análise estatística do Ponto TRMM (P7) e Estação pluviométrica “Iraí de Minas”.	81
<b>Tabela 41</b> – Análise estatística Global das 7 localidades conjuntamente.	85

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
3.1	OBJETIVO GERAL .....	5
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
4.1	CICLO HIDROLÓGICO .....	6
<b>4.1.1</b>	<b>Precipitação</b> .....	<b>8</b>
4.1.1.1	Precipitação pluviométrica .....	9
4.1.1.1.1	<i>Precipitação frontal (ou ciclônica)</i> .....	9
4.1.1.1.2	<i>Precipitação convectiva</i> .....	10
4.1.1.1.3	<i>Precipitação orográfica</i> .....	11
4.2	MEDIDAS PLUVIOMÉTRICAS.....	12
<b>4.2.1</b>	<b>Estações meteorológicas</b> .....	<b>13</b>
4.2.1.1	Estações pluviométricas .....	13
4.2.1.2	Espacialização dos dados pluviométricos.....	15
<b>4.2.2</b>	<b>Satélites meteorológicos</b> .....	<b>16</b>
4.2.2.1	Satélite meteorológico TRMM .....	20
4.3	CORRELAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO.....	22
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
5.1	ÁREA DE ESTUDO .....	24
5.2	MATERIAL.....	25
5.3	MÉTODOS.....	26
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>99</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é o elemento de maior presença na superfície terrestre, ocupa cerca de 70% do globo e é a única substância encontrada no planeta Terra nas formas líquida, sólida e gasosa (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015, p. 13). Apesar de, proporcionalmente, ocupar a maior parte da superfície terrestre, a água não possui uma distribuição homogênea. Considera-se que o volume total de água na terra é de 1.386 milhões de km<sup>3</sup>, onde 97,5% desse volume são de água salgada dos oceanos e, os 2,5% restantes, de água doce. Ainda, dentre esses 2,5% de água doce, apenas, 0,27% são acessíveis ao consumo humano e de todo ecossistema, procedentes dos rios e lagos (SHIKLOMANOV, 1999 *apud* SETTI et al., 2000).

Em termos de recursos naturais, a água é o recurso mais estratégico para a humanidade, pois condiciona a vida na Terra, sustenta a biodiversidade e suporta os ciclos naturais (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2020, p. 9). O principal fenômeno responsável pela entrada de água na superfície terrestre é a precipitação (FERREIRA NETO, 2001 *apud* CHIERICE, 2013). A precipitação é conceituada como toda água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre, e podem ocorrer na forma pluvial (chuva), granizo e neve (SOUSA et al., 2006).

A precipitação pluviométrica (ou pluvial) é uma das variáveis meteorológicas de maior importância, pois está inserida no ciclo hidrológico e compõe um papel fundamental no balanço hídrico. Sua relevância não está apenas na compreensão da dinâmica climática de uma região, mas também, como informação para qualquer estudo hidrológico ou ambiental (WISSMANN et al., 2006; ALACOQUE et al., 2019). Por esse motivo, entender a variação espacial e temporal da quantidade de precipitação e sua interação no ciclo hidrológico, possibilita compreender a demanda hídrica de uma região, assim como, ajudar na aplicação correta de um manejo para prevenção dos prejuízos, advindos das mesmas, por seu excesso ou escassez (SOUSA et al., 2006; ALACOQUE et al., 2019).

De modo convencional, a precipitação pluviométrica é estimada através de estações meteorológicas, que utilizada de medidas diretas e pontuais para obtenção da precipitação acumulada em um determinado espaço de tempo. Por isso, esse método de observação necessita da técnica de interpolação para espacializar os dados que, são pontuais, para uma determinada região onde não se tem o monitoramento por estações, ou seja, a técnica permite estimar a precipitação em áreas distantes dos pontos de medição, sem qualquer evidência física sobre a quantidade de precipitação verdadeira ocorrida nesse local (CONTI, 2002).

A constituição de uma rede de estações meteorológicas com grandes unidades e bem distribuída espacialmente fornece uma boa estimativa da precipitação para área observada. Porém, no Brasil, a quantidade de estações meteorológicas existentes é pequena e má distribuída espacialmente em relação a grande extensão territorial do país. Essa carência acarreta na potencialização de efeitos negativos sobre os métodos de estimativas, resultando em discordância na obtenção dos dados da precipitação média com níveis de confiança consideráveis, e na ocorrência de períodos sem informações ou com falhas nas observações (BERTONI; TUCCI, 2001, p. 182; CONTI, 2002).

Por isso, estimativa de precipitação por sensoriamento remoto vem ganhando espaço nos estudos hidrológicos, não só, como alternativa confiável para estimativa de precipitação pluviométrica, mas também, para melhorar a qualidade da espacialização dos dados, por meio de radares e satélites meteorológicos (COLLISCHONN, 2006). A utilização da estimativa por satélites vem ganhando mais significância por possui uma maior disponibilidade de acesso e apresentarem boa qualidade ao se tratar dos resultados considerados (DE PAULA, 2015).

Entre os satélites meteorológicos existentes capacitados para estimativa da precipitação, destaca-se o satélite norte-americano TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), projetado para o monitoramento de precipitações nas regiões tropicais e subtropicais do planeta Terra, onde se encontram dois terços do total precipitado em escala global, executando o levantamento de dados para representação da variação espacial e temporal da precipitação da região vigente (KUMMEROW et al., 2000; DE PAULA, 2015).

## **2 JUSTIFICATIVA**

No contexto apresentado, nota-se que a precipitação é uma das principais variáveis analisadas dos componentes hidrológico existentes, não só, pelo seu impacto vital, mas também, pelo seu impacto econômico, o que torna o estudo e estimativa de seus dados de suma importância quando se trata da previsão do tempo e do clima e da sua utilidade como recurso para a humanidade na geração de energia elétrica, navegação fluvial, agricultura e planejamento urbano (CHIERICE, 2013).

Apesar da utilização de satélites meteorológicos serem pouco difundido no país para estimativa de precipitação, diversos estudos como o de Mendes (1990), Conti (2002), Collischonn (2006), De Paula (2015) e, Oliveira e Nascimento (2018), mostraram que o emprego do satélite para estimativa de precipitação, pode resultar em uma boa consistência quando correlacionado com os dados pluviométricos medidos convencionalmente, de forma a

diminuir incertezas, maximizar a confiabilidade e trazer robustez para esses dados, assim como, ajudar a melhorar a espacialização da precipitação e compreender os processos físicos que o envolve.

### **3 OBJETIVOS**

Neste tópico serão abordados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a correspondência entre os dados estimados de precipitação pelo satélite TRMM e os dados observados por estações meteorológicas da ANA (Agência Nacional de Águas), para o município de Monte Carmelo, localizado no estado de Minas Gerais, no período de 01/01/2000 a 31/12/2010. O alcance do objetivo geral se dará por meio de análises estatísticas, no intuito de investigar a potencialidade do emprego de imagem de satélite como ferramenta de estimativa da precipitação.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar a representação numérica, através de parâmetros estatísticos, para quantificar as principais características da distribuição de frequência dos dados estimados do satélite TRMM e dos dados observados nas estações pluviométricas, tais como: tendência central, erro médio, raiz do erro médio quadrático, coeficiente de correlação linear de Pearson, índice de concordância e índice de desempenho;
- Elaborar e analisar pluviogramas dos dados estimados do satélite TRMM e dos dados observados nas estações pluviométricas;
- Elaborar e analisar mapas pluviométricos da distribuição média mensal e anual da precipitação em Monte Carmelo – MG, no período de 01/01/2000 a 31/12/2010, dos dados estimados do satélite TRMM e dos dados observados nas estações pluviométricas.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será apresentada uma revisão conceitual sobre a precipitação, desde seu ciclo de formação, tipos existentes, formas de medidas, até mesmo, formas de espacialização e métodos de correlação dos dados. Também serão abordados conceitos sobre a coleta, o processamento, análise e mapeamento das informações pluviométricas referentes a este trabalho.

### 4.1 CICLO HIDROLÓGICO

Ao longo da história do planeta Terra, a água sempre esteve presente, em constante movimento e são encontradas no meio ambiente em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso (COELHO NETTO, 1995, p. 95). Esses três estados físicos da água somados com a energia solar e a gravidade compõem a dinâmica do ciclo hidrológico (SILVEIRA, 2001, p. 35).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2022),

O ciclo hidrológico, ou ciclo da água, é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera. Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes. Na atmosfera, forma as nuvens que, quando carregadas, provocam precipitações, na forma de chuva, granizo, orvalho e neve.

O ciclo hidrológico é um fenômeno que ocorre em escala global e tem a função essencial de reposição da água do planeta por meio da evaporação das águas dos oceanos e, conseqüentemente, da precipitação resultante desse processo (COELHO NETTO, 1995, p. 96; SILVEIRA, 2001, p. 35).

Segundo Guimarães (2017, p. 1) o ciclo hidrológico pode ser definido como “uma sequência fechada de fenômenos naturais pelos quais a água passa da atmosfera ao globo terrestre, na fase líquida ou sólida, e volta novamente a ela, na fase de vapor”. Sendo possível complementar que o Sol é a fonte de energia base que alimenta esse processo.

Apesar de o ciclo hidrológico em si ser fechado em escala global, localmente ele é aberto, pois a água que evapora em uma determinada região, nem sempre precipitará no mesmo local (SOUSA JUNIOR, 2013). O ciclo “não constitui uma simples sequência de processos, mas sim em um conjunto de fases que representam os diversos caminhos através dos quais a água circula na natureza” (LOPES, 2007).

Para Villela e Mattos (1975),

Embora possa parecer um mecanismo contínuo, com a água se movendo de uma forma permanente e com uma taxa constante, é na realidade bastante diferente, pois o movimento da água em cada uma das fases do ciclo é feito de um modo bastante aleatório, variando tanto no espaço como no tempo.

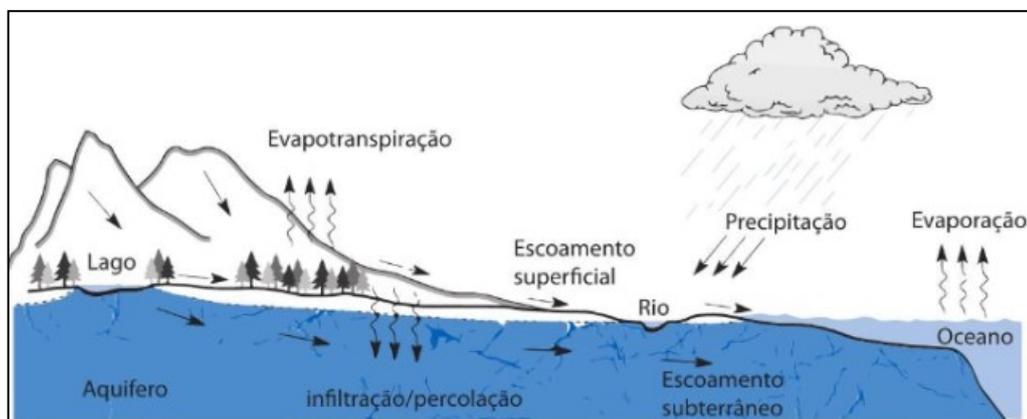
Segundo Lima (2008), “O ciclo hidrológico não possui início e nem fim, a água é evaporada dos oceanos e da superfície continental e se torna parte da atmosfera”, sendo “uma sequência de fenômenos naturais que pode ser dividida em duas partes: o ramo aéreo, normalmente estudado no âmbito da Meteorologia e o ramo terrestre, objeto da Hidrologia” (VAREJÃO-SILVA, 2006, p.133).

Para Nerilo (1999) o ciclo hidrológico acontece em quatro etapas:

- a) Precipitação atmosférica (chuva, granizo, neve, orvalho). Destaca-se aqui o possível fenômeno da interceptação (nas folhas e caules dos vegetais), aonde a precipitação não chega ao solo por evaporar-se na própria queda;
- b) Escoamentos subterrâneos (infiltração, águas subterrâneas). No caso de terem sua capacidade de absorção excedida devido a grandes chuvas, ocasionam o escoamento superficial. A infiltração da água no solo, movimentada pela percolação nos vazios, chega a uma zona de saturação formando o lençol freático. Quando intercepta as vertentes, as águas retornam à superfície, alimentando rios e oceanos ou permanece em camadas impermeáveis em lençóis artesianos;
- c) Escoamentos superficiais (torrentes, rios, lagos) inicialmente preenchem as depressões em terrenos, e em seguida procuram naturalmente os canais naturais. Quando concentram em vales e formam cursos dos rios, são direcionadas grandes volumes de águas à lagos, mares e oceanos;
- d) Evaporação (na superfície das águas e no solo) e transpiração dos vegetais e animais. Estes dois fenômenos juntos dependem da radiação solar, tensões de vapor do ar, ventos, altitude, etc.

A **Figura 1** é uma representação esquemática do ciclo hidrológico, demonstrando o mecanismo desse ciclo e suas principais etapas.

**Figura 1** – Ciclo hidrológico



Fonte: Collischonn e Dornelles (2015, p.19).

Entre as quatro etapas do ciclo hidrológico, ditas por Nerilo (1999), a evaporação é a etapa responsável por manter o equilíbrio do ciclo, pois através do vapor de água existente na atmosfera, a nuvem acaba sendo alimentada pelo transporte do vapor na circulação atmosférica que traz como consequência a formação de precipitação, agente de bastante relevância para a contínua restituição do ciclo hidrológico (SOUSA PINTO, 1976, p.3; GUIMARÃES, 2017, p. 2).

#### **4.1.1 Precipitação**

Para Bertoni e Tucci (2001, p. 177), a precipitação é compreendida como “toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitações. O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que água se encontra”.

O processo de formação de precipitação depende do mecanismo fundamental pelo qual se produz a ascensão do ar úmido. Essa ascensão da massa de ar formam nuvens e nevoeiros quando atinge o resfriamento até seu ponto de saturação, originando uma condensação do vapor de águas que se mantiveram em suspensão. Isso acarreta no crescimento dos núcleos do vapor de água que atingem peso suficiente para perder a sustentação e caem em direção ao solo, pelo efeito da gravitacional, ocasionando a precipitação (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 41; NERILO, 1999; BERTONI; TUCCI, 2001, p. 180).

Para Ometto (1981, p. 181),

A precipitação é o resultado final, já em retorno ao solo, do vapor d'água que se condensou e se transformou em gotas de dimensões suficientes para quebrar a tensão de suporte, e cair. Essa água em trânsito entre nuvem e solo, chamada chuva, tem aparentemente regular seu aspecto quantitativo para cada local no globo, mas sua distribuição, durante o ciclo anual é declaradamente irregular.

Nerilo (1999) reiterou que “no ciclo hidrológico, a precipitação é o agente de maior interesse”. Principalmente, ao se tratar da precipitação em forma de chuva, “por ser mais facilmente medida, por ser bastante incomum a ocorrência de neve entre nós e porque as outras formas pouco contribuem para a vazão dos rios” (HOLTZ, 1976, p. 7). Dentre os tipos de precipitações existentes, a precipitação em forma de chuva é a mais importante para a hidrologia por garantir o retorno da água evaporada para a superfície terrestre desempenhando um papel fundamental no equilíbrio sistêmico de toda Biosfera (BERTONI; TUCCI, 2001, p.177).

#### 4.1.1.1 Precipitação pluviométrica

A precipitação em forma de chuva “é a ocorrência da precipitação na forma líquida” (BERTONI; TUCCI, 2001, p. 180). A mesma também é chamada de precipitação pluviométrica e recebe este nome pelo fato de ser o tipo de precipitação que mais facilmente pode ser medida num determinado local durante um período de tempo. É um elemento que desempenha importância, não só para a característica climática de uma região, como também, pela sua capacidade de produzir escoamento, tendo uma função fundamental para a hidrologia (FERREIRA NETO, 2001 apud CHIERICE, 2013).

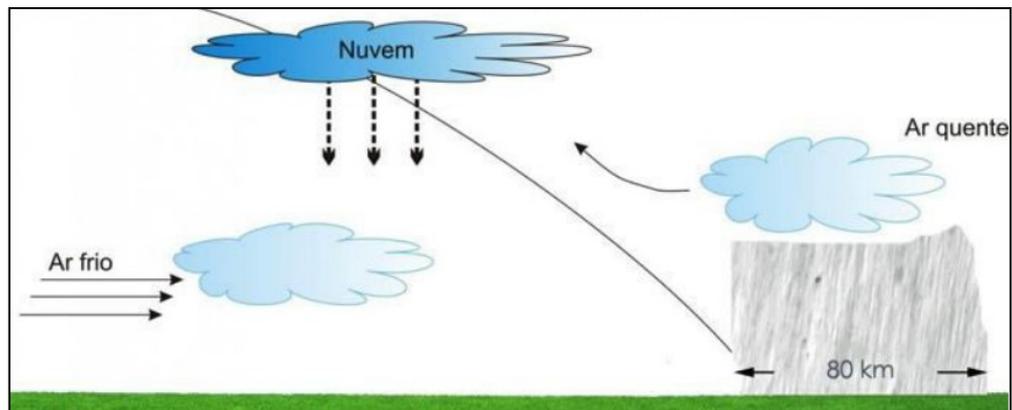
A formação da precipitação pluviométrica (chuva) está diretamente ligada com a ascensão de massa de ar quente e úmida na atmosfera. A condensação do vapor de água é a condição essencialmente primária para que ocorra a precipitação, alguns fatores podem contribuir para diferenciar as causas primárias de formação da chuva, como: convecção térmica, relevo e ação frontal de massas de ar (HOLTZ, 1976, p. 7).

As causas existentes de formação e ocorrência da precipitação pluviométrica estão relacionadas com o fator responsável pelo qual se produz a ascensão da massa de ar (HOLTZ, 1976, p.8). Como consequência disso, a precipitação pluviométrica pode ser classificada em três tipos principais: frontais (ou ciclônicas), convectivas e orográficas.

##### 4.1.1.1.1 *Precipitação frontal (ou ciclônica)*

A precipitação frontal, ou ciclônica, é consequência da “interação de massas de ar quentes e frias” (BERTONI; TUCCI, 2001, p.180). A mesma “resulta da ascensão do ar quente sobre o ar frio na zona de contato entre duas massas de ar de características diferentes” (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 42).

A **Figura 2** representa a formação da precipitação frontal.

**Figura 2 – Precipitação frontal**

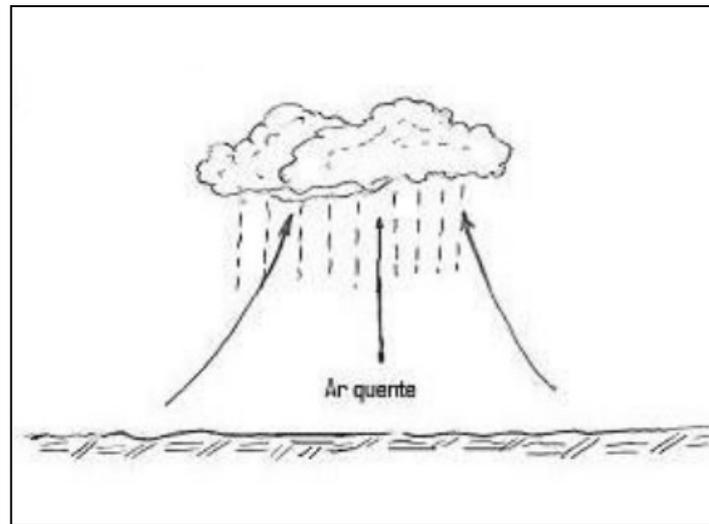
Fonte: Rodrigues (2017)

A precipitação frontal possui longa duração, com intensidade que vão de baixa a moderada, ocupam grandes áreas e são acompanhadas de ventos fortes de circulação ciclônica. Esse tipo de classificação de precipitação pluviométrica é responsável, muitas vezes, pela formação de cheias em grandes bacias hidrográficas (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 42; RODRIGUES, 2017, p. 84).

#### 4.1.1.1.2 *Precipitação convectiva*

A precipitação convectiva é típica das regiões equatoriais (BERTONI; TUCCI, 2001, p. 180). Sua formação se dá “pelo movimento vertical de uma massa de ar ascendente, que é mais quente do que o meio ambiente” (AYOADE, 1996, p. 162). Essa massa de ar faz com que se forme “uma brusca ascensão local de ar menos denso que atingirá seu nível de condensação com formação de nuvens, e muitas vezes, precipitações” (BERTONI; TUCCI, 2001, p. 180).

A **Figura 3** é uma representação do princípio da formação das chuvas convectivas.

**Figura 3** – Precipitação convectiva

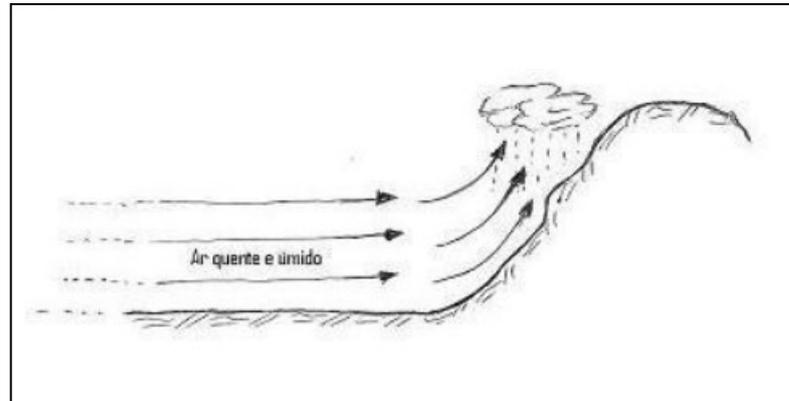
Fonte: Rodrigues (2017)

Esse tipo de precipitação é caracterizado por “fenômenos elétricos, rajadas de vento e forte precipitação” (HOLTZ, 1976, p. 8). A precipitação convectiva é mais intensa em comparação com a precipitação frontal e orográfica. Sendo característico dessa precipitação ser de curta duração, com grande intensidade, ocupam pequenas áreas e são acompanhadas de trovoadas. Seu acontecimento conduz inundações nas bacias hidrográficas de pequena dimensão (AYOADE, 1996, p. 162; VILLELA; MATTOS, 1975, p. 42; RODRIGUES, 2017, p.83).

#### 4.1.1.1.3 *Precipitação orográfica*

A precipitação do tipo orográfica ocorre “quando ventos quentes e úmidos, soprando geralmente do oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas” (BERTONI; TUCCI, 2001, p. 180). As barreiras montanhosas podem influenciar nesse tipo de precipitação e o grau de influência “depende de seu tamanho e de seu alinhamento relativo aos ventos portadores de chuvas” (AYOADE, 1996, p. 162). A **Figura 4** é um esquema que busca representar a formação desse tipo de chuva.

**Figura 4 – Precipitação orográfica**



Fonte: Rodrigues (2017)

A chuva orográfica é a precipitação que ocorre por efeito topográfico, sendo comum no meio-sul do país, em área de litoral, pela presença de serra do mar (OMETTO, 1981, p. 192). É resultado de uma “ascensão mecânica de correntes de ar úmido horizontal sobre barreiras naturais, tais como montanhas. As precipitações da Serra do Mar são exemplos típicos” (VILLELA; MATOS, 1975, p.42).

São chuvas que possui grande duração, com pequena intensidade, ocupam pequenas áreas e traz como consequência a formação de regiões secas ou semi-áridas causadas pelo ar seco, já que a umidade foi descarregada na encosta oposta, o que gera uma sombra pluviométrica do outro lado quando os ventos conseguem ultrapassar as montanhas (BERTONI; TUCCI, 2001, p. 180).

#### 4.2 MEDIDAS PLUVIOMÉTRICAS

O que caracterizam as chuvas são suas grandezas. Segundo Bertoni e Tucci (2001, p. 181), essas grandezas são:

**Altura pluviométrica (P ou r):** é a espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não se infiltrasse, não se evaporasse, nem se escoasse para fora dos limites da região. A unidade de medição habitual é o milímetro de chuva, definido com a quantidade de precipitação correspondente ao volume de 1 litro por metro quadrado de superfície;

**Duração (t):** é o período de tempo durante o qual a chuva cai. As unidades normalmente utilizadas são o minuto ou a hora;

**Intensidade (i):** é a precipitação por unidade de tempo, obtida como a relação  $i = P/t$ . Expressa-se normalmente em mm/h ou mm/min. A intensidade de uma precipitação apresenta variabilidade temporal, mas, para análise dos processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo nos quais é considerada constante;

**Frequência de probabilidade e tempo de recorrência (Tr):** A precipitação é um fenômeno aleatório. Na análise da precipitação máxima (ou intensidade), Tr é interpretado como o número médio de anos que se espera que a precipitação analisada 16 atinja ou ultrapasse. Sua recíproca é que a probabilidade de um fenômeno ocorrer em um determinado ano é igual ou maior que o fenômeno analisado (probabilidade anual).

“A medição da precipitação é um parâmetro extremamente importante, pois possibilita-nos saber quanto de água foi disponível naquele local” (OMETTO, 1981, p. 193). A quantidade de chuva em uma área é medida “pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável” (VILLELA; MATOS, 1975, p. 43).

#### 4.2.1 Estações meteorológicas

Os dados de precipitação podem ser obtidos pontualmente. A forma pontual está relacionada com a obtenção dos dados diretamente no local, através de instrumentos específicos para a medição (CHEVALLIER, p. 490, 2001). As medidas dos elementos ou observações meteorológicas são realizadas em estações ou postos meteorológicos localizados em posições geográficas específicas para obtenção dos dados (AYOADE, 1996, p. 180; CONTI, 2002). Existem quatro tipos de estações meteorológicas: estações sinóticas, estações agrícolas, estações climatológicas e estações pluviométricas, os fatores que distinguem cada um desses tipos de estação meteorológica dependem do número de elementos meteorológicos medidos, da frequência da medição e da condição do observador meteorológico, profissional ou amador (AYOADE, 1996, p. 180).

Este trabalho abordou especificamente sobre as estações pluviométricas. A razão é pelo fato que dentre os tipos de estações meteorológicas existentes, a estação pluviométrica é a que tem como foco exclusivo para parâmetro de medição, a precipitação pluviométrica.

##### 4.2.1.1 Estações pluviométricas

As estações pluviométricas “são postos controlados por observadores em tempo parcial, que fazem leituras diárias apenas de precipitação” (AYOADE, 1996, p.181). Sua implantação ocorre em locais estratégicos, onde a estação é equipada de instrumentos que medem ou registram a quantidade de precipitação em um intervalo de tempo (SANTOS et al., 2001, p. 29).

Os instrumentos que são utilizados para medir a precipitação são os pluviômetros e os pluviógrafos, eles compõem a técnica mais convencional de obtenção de dados

pluviométricos. Segundo Ometto (1981, p. 193), esses instrumentos podem ser considerados como “coletores simples de chuva que tenham “boca” ou superfície coletora bem DETERMINADA, e que possui um depósito bem fechado, que evite vazamentos de água, tanto na forma líquida, como na forma de vapor (evaporação)”.

O Pluviômetro é um instrumento de atuação simples, parte da chuva penetra a superfície coletora (A) e fica armazenada no depósito, gerando um volume (V). A altura pluviométrica (P) é resultado do volume acumulado (V) em função da quantidade de chuva que penetrou a superfície coletora (A) (OMETTO, 1981, p. 193; CHEVALLIER, 2001, p. 492). Logo, a **Equação 1**:

$$P = \frac{V}{A} \text{ (unidade de P é sempre considerada em mm)} \quad (1)$$

Nas estações pluviométricas, é conveniente ter vários pluviômetros instalados pelo terreno para critério de análise. A superfície coletora é posicionada a 1,50 metros acima do nível do solo, a verificação da altura de água precipitada ocorre no intervalo, em geral, de 24 horas e, normalmente, é executada às 7:00 horas, correspondendo aos valores do dia anterior. Por meio dos pluviômetros é possível obter o total de água precipitada, porém, o instrumento não permite saber qual a intensidade da chuva ou em que instante a mesma ocorreu (OMETTO, 1981, p. 194).

Os pluviógrafos, por sua vez, são instrumentos que permitem “medir as intensidades das chuvas durante intervalos de tempo inferiores àqueles obtidos com as observações manuais feitas nos pluviômetros” (CHEVALLER, 2001, p. 492), ou seja, os pluviógrafos nos deixa saber a intensidade e o instante de ocorrência da chuva. Seu princípio é igual aos pluviômetros, e a diferença se dá pelo fato dos pluviógrafos permitirem registrar a ocorrência da precipitação pluviométrica de todo um período. Esse registro é chamado de pluviograma, onde nele consta o total de precipitação acumulado no decorrer do tempo, é através dessa informação que é possível realizar o estudo da relação intensidade-duração-frequencia da chuva (VILLELA; MATOS, 1975, p. 43; HOLTZ, 1976, p.9; OMETTO, 1981, p.195).

No Brasil, existem varias agências mantedoras de redes pluviométricas, das quais, se pode citar, a Agência Nacional de Águas (ANA). A ANA tem como objetivo a execução e organização da distribuição dos recursos hídricos em prol da sustentabilidade, sendo responsável por regular a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2022a).

Neste trabalho, foram utilizados os dados de precipitação das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), esses dados são disponibilizados em uma plataforma no próprio *site* da agência, na internet.

#### 4.2.1.2 Espacialização dos dados pluviométricos

Os dados de precipitação pluviométrica, por serem informações coletadas pontualmente, não permitem observar as tendências de distribuição espacial em regiões que não possuem monitoramento de estações pluviométricas, sendo necessário, a aplicação do método de interpolação espacial para a distribuição do fenômeno (FRANCO; UDA, 2015).

A interpolação espacial é uma técnica utilizada para estimar valores desconhecidos “ou não amostrados, de um atributo contínuo usando valores conhecidos ou amostrados” (MIRANDA, 2010). Miranda (2010) ainda reiterou que a interpolação espacial ocorre em duas partes. A primeira parte é a “definição de um relacionamento de vizinhança – saber quais são os vizinhos apropriados”. A segunda parte é a “definição de métodos que calcularão os valores desconhecidos”, onde “a interpolação assume que o fenômeno sendo predito é aproximado de perto pela função matemática usada” e os “valores desconhecidos são, então, calculados de acordo com essa função”.

Existem vários métodos de interpolação, dentre os quais se destacam, o interpolador geostatístico, e o inverso do quadrado da distância (*Inverse Distance Weighted - IDW*), ao se tratar de mapeamento de variáveis climáticas (MELLO et al., 2003; CECÍLIO; PRUSK, 2003; CARVALHO; ASSAD, 2005). O presente trabalho utilizou o método de interpolação *IDW* para espacializar os dados pontuais de precipitação das estações pluviométricas e do satélite TRMM.

O método *IDW* utiliza a ponderação do inverso das distâncias, que, de acordo com Jakob e Young (2006),

implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Para predizer um valor para algum local não medido, o *IDW* usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta.

Landim (2000) reiterou que o *IDW* é o método mais utilizado de interpolação, e o peso dado as devidas variáveis durante o processamento é proporcional a distância entre as mesmas, onde “um ponto amostrado em relação a outro diminui conforme aumenta a distância ao nó da grade a ser estimado, pontos amostrados de localização próxima ao nó a ser

estimado, recebem peso maior que os pontos amostrados de localização mais distante”. A **Equação 2**, representa a fórmula matemática que a interpolação por *IDW* utiliza para estimativa e espacialização dos dados de precipitação das estações pluviométricas.

$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}} \quad (2)$$

onde:

- $Z^*$  = valor interpolado para o nó do reticulado (grid);
- $Z_i$  = valor (resíduo) do ponto amostrado vizinho ao nó;
- $h_{ij}$  = distancia entre o nó da grande e  $Z_i$ ;
- $\beta$  = expoente de ponderação (peso = 2, inverso do quadrado da distância);
- $n$  = número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó.

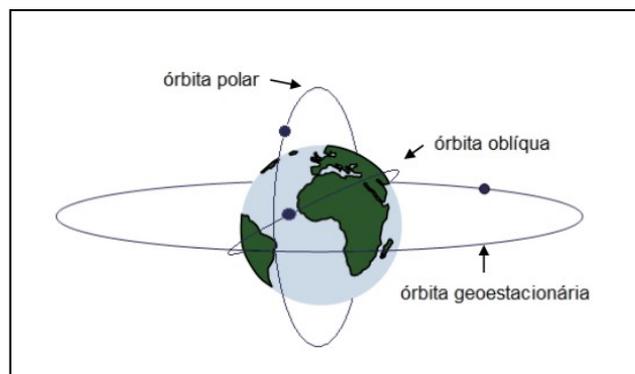
#### 4.2.2 Satélites meteorológicos

Os dados de precipitação também podem ser obtidos remotamente. A forma espacial está relacionada com a obtenção dos dados através de imagem de sensores ópticos ou de radar transportados por satélites (CHEVALLIER, p. 490, 2001).

De acordo com a *European Space Agency* - ESA (2022), ou, em português, Agência Espacial Europeia, a obtenção das imagens ópticas se diferenciam das imagens de radar, pelo fato de seus sensores dependerem da radiação eletromagnética solar para obtenção da informação, isso caracteriza, o que se chama de sensores passivos. Os radares, por sua vez, possuem a capacidade de emissão da própria radiação eletromagnética, isso permite obter a informação independentemente da radiação eletromagnética solar, caracterizando assim, os sensores ativos (CONTI, 2002). No presente trabalho, o enfoque é nas imagens ópticas obtidas pelos sensores passivos de satélites.

Os sensores passivos são transportados a bordo de satélites. De Paula (2015), afirmou que os satélites podem ser classificados de acordo com a sua órbita em torno do planeta Terra, e os tipos de órbitas são: geoestacionários, polares ou oblíquos (**Figura 5**).

**Figura 5 – Tipos de órbitas de satélite**



Fonte: De Paula (2015).

Os satélites de órbita geoestacionária atuam sobre a linha do Equador, possuem uma alta resolução temporal, devido à obtenção da informação da superfície ocorrer em curtos intervalos de tempo, e operam em altitudes altas, em torno de 36.000 km, produzindo imagem de menor resolução espacial (DE PAULA, 2015). Os satélites de órbita polar operam em orbitas mais baixas com altitude em torno de 850 km (DE PAULA, 2015). O de órbita oblíqua operam em altitudes ainda menores, em torno de 400 km permitindo a aquisição de imagem com maior resolução espacial (DE PAULA, 2015).

A obtenção de uma imagem por sensores de satélites ocorre através de uma técnica chamada de sensoriamento remoto (FLORENZANO, 2007, p.11). Florenzano (2007, p. 11) ainda afirmou que o sensoriamento remoto é a

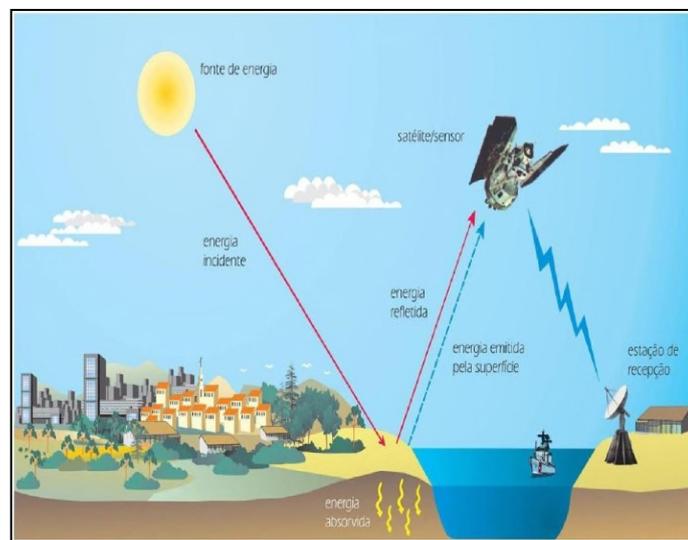
tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro de energia refletida ou emitida pela superfície. O termo *sensoriamento* refere-se à obtenção de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestre, aéreas (balões e aeronaves) e orbitais (satélites artificiais). O termo *remoto*, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e objetos na superfície terrestre.

O sensoriamento remoto pode, então, ser compreendido como a “arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno através de análises de dados adquiridos por um sensor que não está em contato direto com o objeto de investigação” (RITCHIE; RANGO, 1996 apud SCHULTZ; ENGMAN, 2000, p.3). Entretanto, Mendes (1990) considerou que essa definição é muito ampla, definindo o sensoriamento remoto, de modo mais específico, como a

utilização conjunta de sensores, a bordo de aeronaves e/ou espaçonaves, equipamentos para transmissão dos dados coletados pelos sensores e equipamentos para processamento dos mesmos, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através da análise das interações entre energia eletromagnética e os elementos que compõe a superfície da Terra e a atmosfera.

Os elementos considerados fundamentais para o sensoriamento remoto, segundo Scaduto (2008), são: a radiação eletromagnética, a fonte de emissão, o sensor e o alvo. O alvo é o objeto observado de onde se busca a informação. O sensor é o equipamento que executa a captação da radiação eletromagnética e a fonte emite a radiação. Para o sensoriamento remoto, a principal fonte de radiação eletromagnética é o Sol (DE PAULA, 2015). A **Figura 6** é um esquema que busca ilustrar a dinâmica da obtenção da informação por sensoriamento remoto.

**Figura 6** – Obtenção de imagens por sensoriamento remoto



Fonte: Florenzano (2007).

É notável perceber que, na **Figura 6**, o Sol é a fonte de energia que incide na superfície terrestre. Parte dessa energia incidente é absorvida pela superfície e outra parte refletida em direção aos sensores passivos do satélite, sendo captada e registrada pelo mesmo. A energia absorvida também é emitida e, também, pode ser captada e registrada dependendo do tipo do sensor. Basicamente, a captação da informação, por sensores passivos de satélites, ocorre a partir da interação entre radiação eletromagnética e o objeto (SCADUTO, 2008).

A radiação eletromagnética proveniente do Sol se propaga em forma de ondas eletromagnéticas, essas ondas possuem um comprimento que varia de  $10^{-12}$  a  $10^4$  m, mas, o sensoriamento remoto se aplica nas bandas espectrais eletromagnéticas, que se encontram no intervalo de comprimento de  $0,2 \mu\text{m}$  a  $1 \text{ m}$ . O sensoriamento remoto opera nesse intervalo devido à camada atmosférica bloquear as demais áreas do espectro em razão da presença de vapor d'água e outros gases (CONTI, 2002; FLORENZANO, 2007). As principais bandas do

espectro eletromagnético de interesse do sensoriamento remoto, com seus intervalos de comprimento de ondas, são:

- Ultravioleta (UV): 0,2  $\mu\text{m}$  a 0,4 $\mu\text{m}$ ;
- Visível (VIS): de 0,4  $\mu\text{m}$  a 0,7 $\mu\text{m}$ ;
- Infravermelho (IR): 0,7 $\mu\text{m}$  a 1 mm;
- Micro-ondas (MW): de 1 mm a 1 m.

Conti (2002) relatou que as imagens de satélites são estruturadas em matrizes de números que correspondem proporcionalmente à resposta espectral de todos os elementos na superfície. Essas matrizes são armazenadas em um arquivo computacional de extensão *raster* que possui como elemento de área, o *pixel*. O *pixel* corresponde a uma média das respostas dos diferentes elementos na superfície, e sua dimensão pode variar de metros, quando a resolução espacial é maior, até mesmo para quilômetros, conforme a resolução é diminuída resultando em uma perda de detalhamento.

Dentre as várias áreas onde a informação obtida por satélite possui utilidade, são nos estudos hidrológicos que o mesmo vem ganhando espaço, principalmente quando se trata da estimativa de variáveis hidrológicas, em específico, da precipitação (NÓBREGA et al., 2008).

A estimativa da precipitação é adquirida pelos satélites com base nas técnicas de sensoriamento remoto, através de análise e avaliação de diversos aspectos individuais das nuvens observadas nas imagens que foram geradas, onde vários elementos auxiliam no reconhecimento das nuvens associadas à precipitação, e as principais características a serem observadas das nuvens são o brilho, a temperatura no topo e a textura da sua superfície que possibilita a estimativa do fenômeno (DE PAULA, 2015).

Os principais satélites disponíveis para estimativas de precipitação são: o *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES), o *Meteorological Satellite* (METEOSAT), o *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), o *Geostationary Meteorological Satellite* (FMS), o *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP) e o *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2018). Os dados utilizados para estimativa de precipitação neste trabalho foram do satélite TRMM.

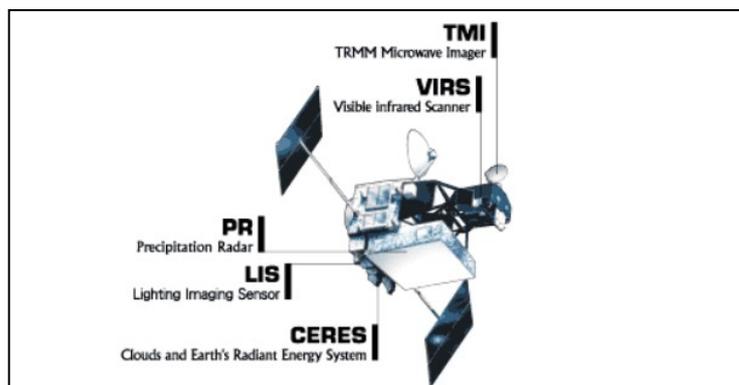
#### 4.2.2.1 Satélite meteorológico TRMM

O satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), que, traduzido para o português, significa, Missão de Medição das Chuvas nos Trópicos, foi um projeto lançado em 27 de novembro de 1997 pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) em conjunto com a Agência Japonesa Aeroespacial *Japan Aerospace Exploration Agency* – JAXA (NASA, 2018). A ideia principal da missão foi de monitorar a distribuição temporal e espacial das precipitações, dos sistemas convectivos e das tempestades que ocorrem nos trópicos (HUFFMAN; BOLVIN, 2017).

O TRMM foi um satélite que orbitou em baixa altitude e de forma oblíqua, operou, inicialmente, em uma altitude próxima dos 350 km, tendo como produto uma boa resolução espacial (KUMMEROW et al., 2000 apud COLLISCHONN, 2006). As estimativas executadas por esse satélite são disponibilizadas pela plataforma de dados da NASA na internet, onde nela se pode obter produtos dos múltiplos sensores transportados a bordo do satélite em seus formatos originais, processados e estão disponibilizados em forma de matriz de chuvas na escala de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , ou procedentes de tratamento climatológico para composição de médias mensais ou anuais de toda a série temporal (NASCIMENTO; OLIVEIRO, 2018).

Os equipamentos que foram transportados a bordo do TRMM relacionados com as estimativas de precipitação, são: *Precipitation Radar* (Radar de precipitação) – PR, *TRMM Microwave Imager* (Imageador de micro-ondas) – TMI, *Visible and Infrared Radiometer System* (Radiômetro no visível e no infravermelho) – VIRS, *Clouds and Earth's Radiant Energy System* (Sensor de energia radiante de superfície terrestre e das nuvens) – CERES e *Lightning Imaging Sensor* (Imageamento de relâmpago) – LIS, de acordo com o esboço dos componentes apresentado pela JAXA (2007), a **Figura 7** representa estes componentes.

**Figura 7** - Componentes do satélite TRMM



Fonte: JAXA (2007).

O TRMM possuía alguns diferenciais que ajudam no controle de qualidade das estimativas da precipitação, como, por exemplo, os cruzamentos de registros executados por sensores ativos e passivos que permitem realizar medições de radiação (VIRS), potência (PR) e temperatura (TMI), que através da interação com diversos algoritmos, resulta em produtos de estimativas diárias e mensais de precipitação (NASCIMENTO; OLIVEIRO, 2018).

Esses produtos de estimativas de precipitação do TRMM, que é resultado das combinações de informações derivadas de diferentes sensores e satélites, são executados por uma análise chamada de TMPA (*TRMM's Multi-satellite Precipitation Analysis*), essa análise é composta por vários algoritmos calibrados capazes de estimar a precipitação por múltiplos satélites, onde os produtos do satélite TRMM são de grande relevância para o fundamento da estimativa resultante (DE PAULA, 2015). A **Tabela 1** apresenta os produtos que são gerados a partir dessa análise de múltiplas fontes TMPA, com sua respectiva descrição e período inicial de disponibilização dos dados estimados de precipitação.

**Tabela 1** – Produtos do satélite TRMM derivado da análise de múltiplas fontes TMPA

<b>Produto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Data de início</b>
3B40 RT (HQ)	Produto experimental com base em micro-ondas intermediária	Outubro/2008
3B41 RT	Produto experimental com base no infravermelho	Outubro/2008
3B42	Produto da precipitação a cada 3 horas	Janeiro/1998
3B42 <i>derived</i>	Produto da precipitação diária acumulada entre 0 e 24 UTC	Janeiro/1998
3B42 RT	Produto experimental com combinação de múltiplos sensores, sem correção de pluviômetros	Outubro/2008

Continua...

Produto	Descrição	Conclusão
		Data de início
3B42 RT <i>derived</i>	Produto experimental da precipitação diária acumulada entre 0 e 24 UTC.	Outubro/2008
3B43	Produto da precipitação mensal	Janeiro/1998

Fonte: Adaptado de De Paula (2015)

O produto de interesse deste trabalho foi o 3B43, os dados deste produto mesclam o conjunto de dados diário do 3B42 com a análise do medidor de chuva GPCC (NASA, 2018). As estimativas resultantes do 3B43 são médias mensais de precipitação, como, de acordo com a **Tabela 1**.

### 4.3 CORRELAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Os dados de precipitação pluviométrica estimados pelo produto 3B43 do TRMM foram correlacionados com os dados de precipitação observados nas estações pluviométricas convencionais através de parâmetros estatísticos, como: Erro Médio (EM, **Equação 3**), Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ, **Equação 4**), coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ , **Equação 5**), índice de concordância ( $d$ , **Equação 6**) sugerido por Willmott et al. (1985) e, o índice de desempenho ( $c$ , **Equação 7**) proposto por Camargo e Sentelhas (1997). Essas equações foram utilizadas para o desenvolvimento da metodologia do trabalho e são apresentadas abaixo:

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)}{n} \quad (3)$$

$$REMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}) * (O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 * \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}} \quad (5)$$

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (6)$$

$$c = r * d \quad (7)$$

onde:

- $P_i$  = precipitação estimada (mm) pelo satélite TRMM no intervalo de tempo  $i$ ;
- $O_i$  = precipitação observada (mm) em determinada estação pluviométrica no intervalo de tempo  $i$ ;
- $n$  = número de dados analisados;
- $\bar{P}$  = valor médio estimado de precipitação (mm) pelo satélite TRMM;
- $\bar{O}$  = valor médio observado de precipitação (mm) em determinada estação pluviométrica;
- $r$  = coeficiente de correlação linear de Pearson (**Equação 5**);
- $d$  = índice de concordância (**Equação 6**).

O Erro Médio (EM, **Equação 3**) determina a diferença média entre a precipitação estimado pelo satélite TRMM ( $P_i$ ) e a precipitação observado em determinada estação pluviométrica ( $O_i$ ) (ALMEIDA, 2017).

A Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ, **Equação 4**) analisa o erro através do quadrado das diferenças entre a precipitação estimada pelo satélite TRMM ( $P_i$ ) e a precipitação observada em determinada estação pluviométrica ( $O_i$ ), possuindo maior influência sobre os erros de maior significância (ALMEIDA, 2017).

O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ , **Equação 5**) indica a precisão dos dados correlacionados através do grau de dispersão desses dados em relação à média, ou seja, o erro aleatório (CAMARGO; SENTELHAS, 1997).

O índice de concordância ( $d$ , **Equação 6**) mede a exatidão dos dados pela relação do afastamento dos valores estimados pelo satélite TRMM e dos valores observados pelas estações pluviométricas (WILLMOTT et al., 1985).

O índice de desempenho ( $c$ , **Equação 7**) determina o desempenho dos métodos através do produto dos índices de precisão “ $r$ ” e de exatidão “ $d$ ” (CAMARGO; SENTELHAS, 1997).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

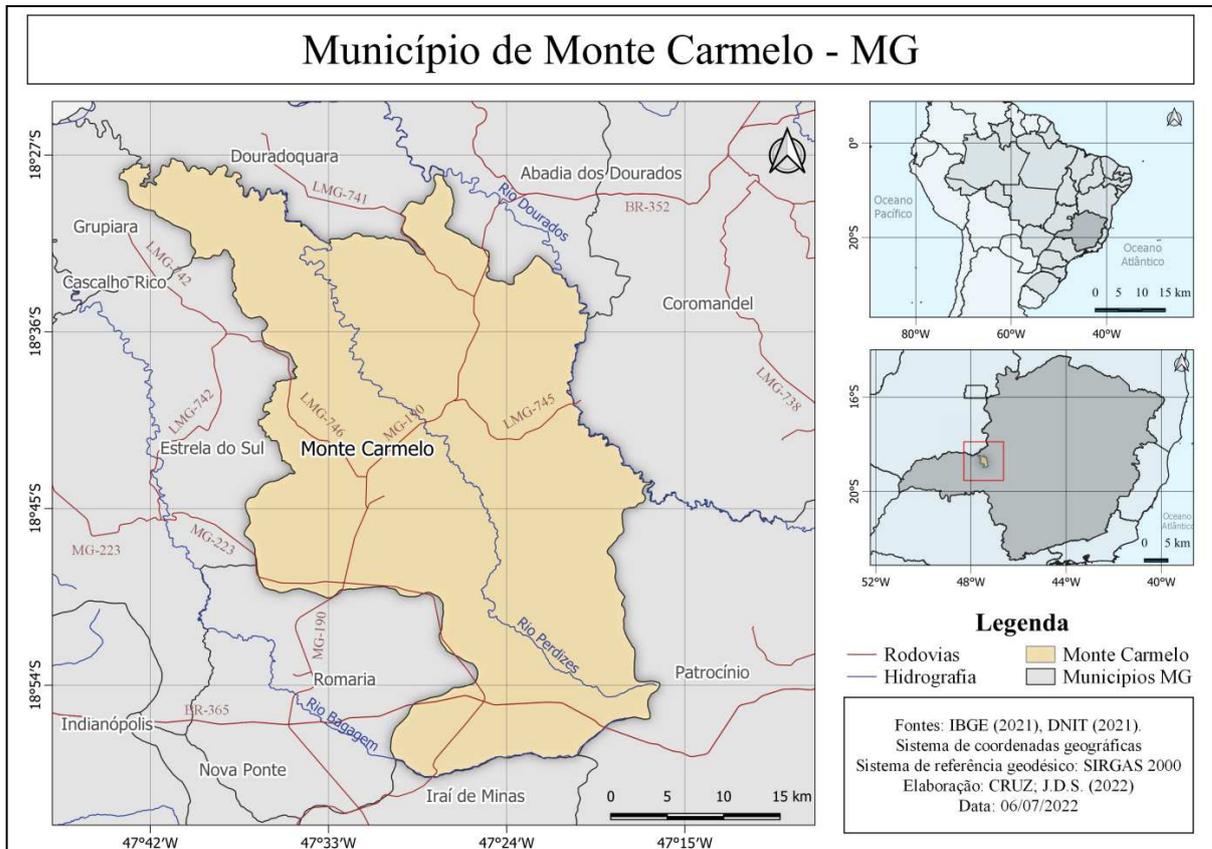
Neste tópico será abordado sobre os elementos necessários para desenvolvimento da metodologia do trabalho, bem como, o material que foi utilizado, os métodos que foram aplicados e, a caracterização e localização da área de estudo.

## 5.1 ÁREA DE ESTUDO

Os dados de precipitação avaliados foram do município de Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil. O município está localizado na mesorregião do triângulo mineiro/Alto Paranaíba do Estado, sua sede se encontra nas coordenadas geográficas 18°43'30" de latitude sul, 47°29'56" de longitude oeste e 890 metros de altitude. Possui uma área territorial de 1343,035 km<sup>2</sup>, uma população de 48.049 habitantes e encontra-se inserido no bioma Cerrado (IBGE, 2022). O clima da região segundo a classificação de Koppen é tropical, com inverno seco e verão chuvoso (Aw) (KÖEPPEN, 1948).

O município de Monte Carmelo (**Figura 8**) faz divisa com os municípios de Abadia dos Dourados, Douradoquara, Coromandel, Estrela do Sul, Romaria, Iraí de Minas, Patrocínio e Grupiara. A principal hidrografia do município é o rio Perdizes e as principais rodovias de acesso são a MG-223 e MG-190.

**Figura 8 – Localização da área de estudo**



Elaboração: O autor (2022).

As principais atividades que sustentam a economia do município são a produção de café, assim como produção de arroz, milho, mandioca, soja, tomate, trigo, entre outros. A pecuária também se destaca como fonte econômica na criação de bovinos, suínos e galináceos e, no ramo industrial, é nos laticínios que o município se sobressai, principalmente, na produção de queijos de alta qualidade (MONTE CARMELO, 2022).

## 5.2 MATERIAL

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da metodologia do trabalho foram:

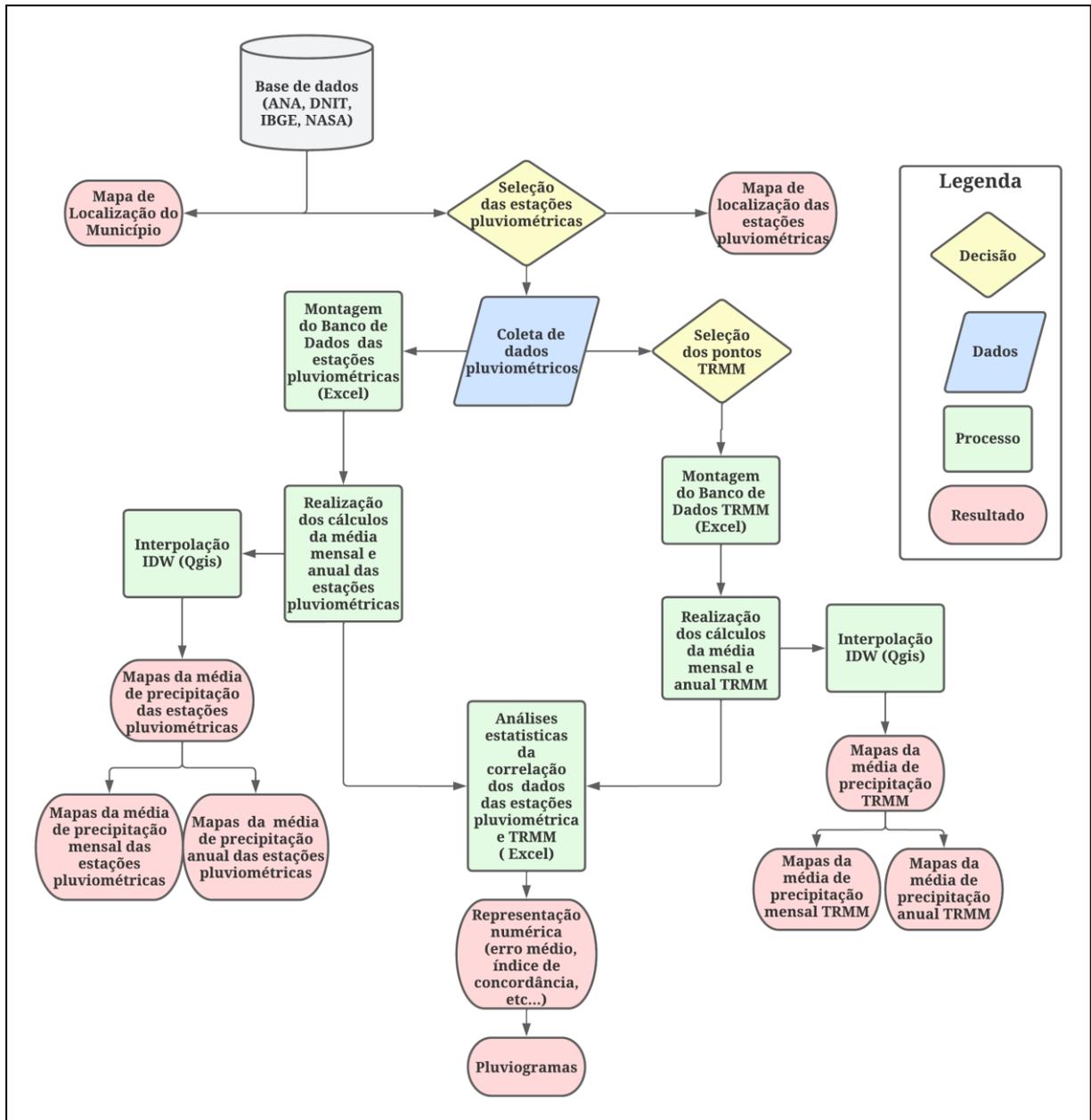
- Dados vetoriais (limite municipal, estadual e nacional, hidrografia, rodovias) obtidos a partir do banco de dados no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2021) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (DNIT, 2021);

- Dados pluviométricos das estações meteorológicas obtidos a partir do banco de dados da plataforma *HidroWeb* (*HIDRO WEB*, 2022) no sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas – ANA;
- Dados pluviométricos orbitais do satélite TRMM produto 3B43 obtidos a partir do banco de dados *Distributed Active Archive System* (GES DISC DAAC, 2022) no sítio eletrônico da *National Aeronautics and Space Administration* – NASA;
- *Software Excel 2007* (tabulação dos dados);
- *Softwares Qgis Desktop 3.18 e ArcGIS 10.6.1* (processamentos diversos);

### 5.3 MÉTODOS

Para melhor compreensão do desenvolvimento da metodologia que foi aplicada, um fluxograma (**Figura 9**) foi elaborado contendo as principais etapas deste processo.

**Figura 9** – Fluxograma dos processos metodológicos



Elaboração: O autor (2022).

Os dados vetoriais para elaboração do mapa de localização do município de Monte Carmelo, bem como, os vetores da América do sul, unidades federativas, municípios, hidrografia e rodovias, foram obtidos a partir do banco de dados no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2021) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (DNIT, 2021). Ambas as instituições disponibilizam esses dados no formato *shapefile (.shp)*, no sistema de referência geodésico SIRGAS 2000 e no sistema de coordenadas geográficas. Após a obtenção desses dados, os

mesmos foram importados no *software Qgis 3.18* através da ferramenta “Adicionar camada vetorial” para confecção do mapa de localização da área de estudo.

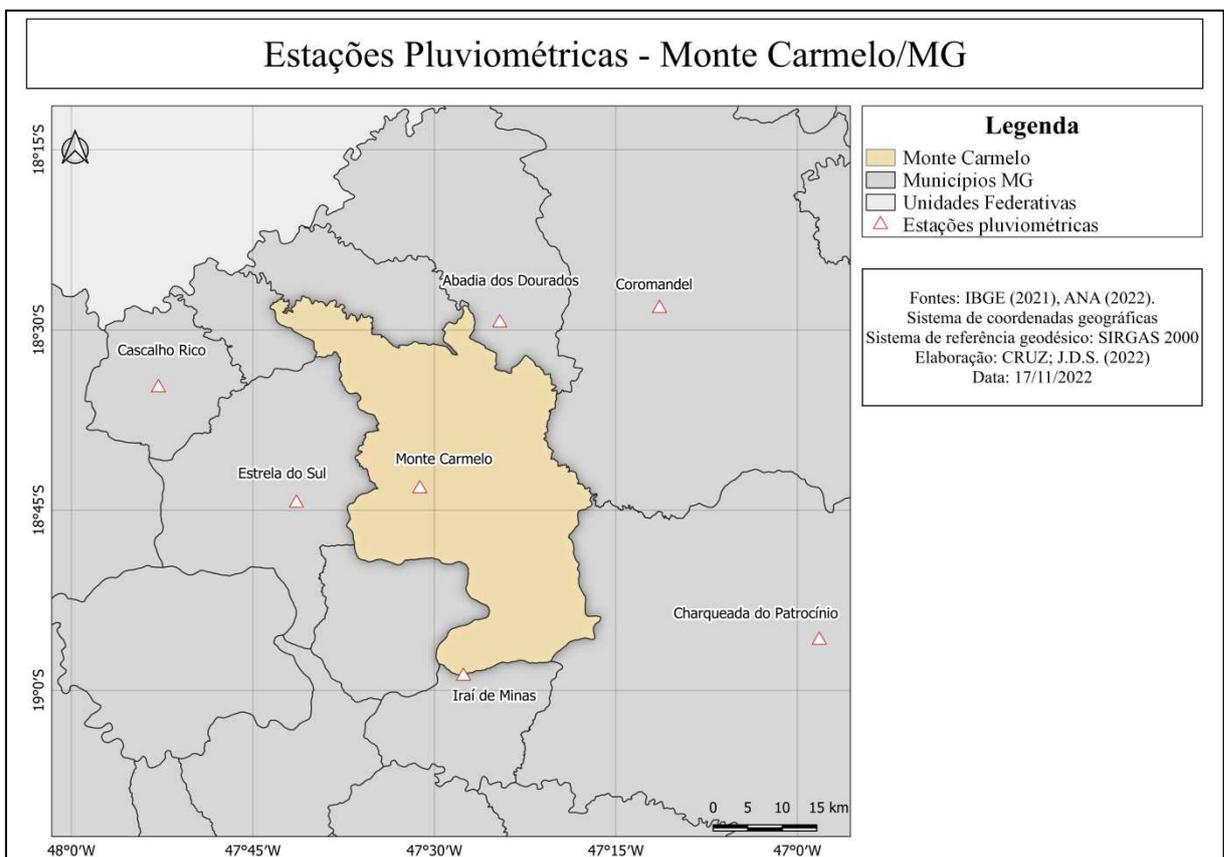
Posteriormente, foram selecionadas as estações pluviométricas de interesse que são mais próximas do município de Monte Carmelo para a aplicação da interpolação espacial (método IDW) para a distribuição da precipitação em toda área de estudo, foram 7 estações pluviométricas selecionadas ao todo (**Tabela 2 e Figura 10**).

**Tabela 2 – Estações pluviométricas de interesse**

Código	Nome	Latitude (°)	Longitude (°)
1846002	Charqueada do Patrocínio	-18,93	-46,97
1847000	Monte Carmelo	-18,72	-47,52
1847001	Estrela do Sul	-18,74	-47,69
1847003	Abadia dos Dourados	-18,49	-47,41
1847007	Cascalho Rico	-18,58	-47,88
1847008	Coromandel	-18,47	-47,19
1847010	Iraí de Minas	-18,98	-47,46

Fonte: ANA (2022b).

**Figura 10 – Localização das estações pluviométricas próximas à área de estudo**



Elaboração: O autor (2022).

A **Figura 10** mostra a distribuição das estações pluviométricas e sua proximidade com a área de estudo. As estações foram selecionadas através do mapa da Rede Hidrometeorológica Nacional da plataforma *HidroWeb* no sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas (ANA).

Os dados para confecção do mapa de localização das estações pluviométricas selecionadas foram obtidos através do banco de dados no sítio eletrônico do IBGE (limites municipais e estaduais) e do mapa da Rede Hidrometeorológica Nacional na plataforma *HidroWeb* da ANA (ANA, 2022b), onde, no campo de busca da plataforma, foi inserido o nome do município (Monte Carmelo), sendo possível visualizar as estações pluviométricas presentes na área de estudo e na região que o engloba. Ao clicar na estação pluviométrica desejada é possível acessar diversas informações, como, o código, o nome, o responsável, as coordenadas geográficas e, até mesmo, realizar *download* de dados de precipitação das mesmas. Foram coletadas as informações de cada estação pluviométrica na plataforma, como demonstrado na **Tabela 2**, sendo elaborada, em seguida, uma tabela no *software EXCEL 2007*, contendo os dados das respectivas estações pluviométricas (código, nome, latitude e longitude). Após a tabulação, o arquivo foi salvo no próprio *software EXCEL 2007* com a extensão (.csv) e logo após, esse mesmo arquivo, foi importado para o *software Qgis 3.18* através da ferramenta “Camada”, “Adicionar Camada”, “Adicionar Camada de Texto Delimitado” para conversão desses dados em vetores de pontos (*shapefile*) para confecção do mapa de localização das estações pluviométricas.

A plataforma *HidroWeb* também permite acessar os dados de precipitação pluviométrica das estações desejadas através da opção “Séries Históricas” (ANA, 2022c). Por meio do código, cidade ou nome, é possível consultar as informações de registro dos dados pluviométricos de uma estação pluviométrica que ocorreram em um determinado intervalo de tempo. Para o presente trabalho, foram coletados os dados de precipitação que ocorreram entre 01/01/2000 e 31/12/2010, relativo a uma série histórica de 11 anos, de cada uma das 7 estações pluviométricas da **Tabela 2**.

Os dados pluviométricos coletados da série histórica de cada estação pluviométrica são disponibilizados em 3 formatos diferentes: Arquivo *Access(.mdb)*, arquivo Texto (.txt) e Arquivo Excel (.csv). O formato de arquivo escolhido foi o arquivo Excel (.csv), este arquivo contém dados diários de precipitação, em milímetros (mm), dos meses do ano desde o primeiro dia de operação da estação pluviométrica até o último dia de registro da mesma, bem

como, o tipo de medição de precipitação da estação pluviométrica (pluviógrafos ou pluviômetros), o número de dias de precipitação, a máxima e o total de precipitação do mês.

Para a realização do cálculo de precipitação pluviométrica média mensal e anual, referente aos 11 anos de cada estação pluviométrica, foram elaboradas planilhas individuais no *software Excel 2007* para cada estação pluviométricas de interesse, contendo, o total de precipitação mensal ocorrido entre os anos de 2000 e 2010, sendo esses valores extraídos dos arquivos brutos de dados pluviométricos coletados na plataforma *HidroWeb*. A **Tabela 3**, **Tabela 4**, **Tabela 5**, **Tabela 6**, **Tabela 7**, **Tabela 8** e **Tabela 9** representam, respectivamente, a montagem individual do banco de dados pluviométricos de cada estação pluviométrica para o cálculo da média mensal e anual da série histórica.

**Tabela 3** – Banco de dados da Estação Pluviométrica Charqueada do Patrocínio

<b>Estação Pluviométrica – Charqueada do Patrocínio (1846002)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	236,8	179,8	268,8	429,6	461,4	345,1	261,3	550,9	349,6	330,2	208,1
<b>Fev</b>	396,9	119,4	331,1	163,9	280,6	85,4	316,2	204,6	345,3	259,5	50,8
<b>Mar</b>	247,4	128,3	93,8	209,6	154,8	287,7	284,5	79,2	235,1	206,6	305,8
<b>Abr</b>	19,5	18,7	4,4	62,5	89,8	38,9	110,7	86,4	105,2	82,2	49,5
<b>Mai</b>	11,5	37,1	54,0	41,5	34,9	21,9	9,9	4,7	32,0	34,0	53,6
<b>Jun</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	5,4	12,9	46,0	8,5
<b>Jul</b>	13,3	0,7	8,7	0,0	31,1	1,2	0,0	48,5	0,0	4,9	0,0
<b>Ago</b>	15,5	57,8	5,2	2,7	0,0	9,8	4,3	0,0	13,5	22,0	0,0
<b>Set</b>	85,2	58,1	34,5	55,7	0,0	75,9	110,8	4,7	61,8	110,0	95,9
<b>Out</b>	41,4	81,9	40,1	51,1	92,6	59,0	134,6	76,7	40,0	173,4	261,4
<b>Nov</b>	193,1	329,7	89,6	203,9	141,3	376,5	128,0	123,0	170,2	217,3	322,8
<b>Dez</b>	197,7	456,5	252,6	193,6	244,7	293,4	393,6	427,2	374,1	349,1	392,3

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 4 – Banco de dados da Estação Pluviométrica Monte Carmelo**

<b>Estação Pluviométrica – Monte Carmelo (1847000)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	490,4	204,2	274,3	480,7	425,3	324,4	161,3	446,8	377,4	217,6	209,0
<b>Fev</b>	275,0	112,2	357,0	97,9	364,1	52,9	173,8	222,5	203,7	183,3	140,6
<b>Mar</b>	323,3	90,7	134,8	333,0	218,6	155,8	200,0	82,6	172,2	222,6	109,7
<b>Abr</b>	67,1	32,4	12,7	93,6	61,5	26,3	89,8	30,5	79,6	81,5	50,6
<b>Mai</b>	0,0	29,6	47,7	11,9	8,8	35,8	29,7	3,1	24,2	32,3	5,0
<b>Jun</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	13,2	0,0	8,5	6,6	31,3	12,4
<b>Jul</b>	16,7	0,1	4,0	0,0	25,8	0,0	4,2	13,3	0,0	5,5	0,0
<b>Ago</b>	20,8	28,1	0,0	0,8	0,0	12,8	9,8	0,0	0,0	22,8	0,0
<b>Set</b>	122,2	86,8	31,0	116,3	0,7	56,8	61,5	0,0	26,0	81,8	38,1
<b>Out</b>	34,5	85,4	100,4	51,7	62,9	74,2	200,2	70,1	48,1	79,8	152,6
<b>Nov</b>	249,8	177,0	126,0	144,2	99,4	325,7	249,1	78,5	157,4	103,1	417,1
<b>Dez</b>	237,6	454,9	185,0	208,6	321,2	257,8	335,9	268,4	394,1	339,2	196,0

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 5 – Banco de dados da Estação Pluviométrica Estrela do Sul**

<b>Estação Pluviométrica – Estrela do Sul (1847001)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	416,2	195,8	241,5	651,9	362,1	280,6	147,9	293,5	161,7	217,2	154,0
<b>Fev</b>	329,6	80,3	365,0	108,2	296,1	74,2	181,6	225,9	375,1	119,5	128,6
<b>Mar</b>	252,5	125,0	186,1	252,6	204,3	210,5	266,8	87,9	265,9	158,0	140,2
<b>Abr</b>	48,5	21,3	40,8	90,1	70,2	73,8	105,5	55,6	108,6	77,7	60,3
<b>Mai</b>	0,0	34,5	36,8	21,5	33,1	24,8	13,3	3,3	33,4	25,9	14,8
<b>Jun</b>	2,2	2,4	0,0	0,0	9,9	14,2	0,0	7,3	10,6	24,0	9,8
<b>Jul</b>	13,3	0,0	2,6	0,0	37,8	0,0	0,5	3,8	0,0	2,4	5,2
<b>Ago</b>	14,4	31,1	0,0	4,3	0,0	9,6	2,9	0,0	0,0	16,4	0,0
<b>Set</b>	86,3	14,2	25,5	140,6	0,7	32,0	36,7	0,3	39,1	110,1	31,8
<b>Out</b>	54,0	116,0	37,8	65,8	31,7	49,6	169,4	82,3	109,1	139,5	154,1
<b>Nov</b>	251,9	269,8	95,5	151,2	110,2	294,0	222,4	132,8	118,3	70,1	417,5
<b>Dez</b>	273,5	476,8	335,7	336,4	382,1	264,4	317,9	300,4	449,9	363,0	219,2

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 6 – Banco de dados da Estação Pluviométrica Abadia dos Dourados**

<b>Estação Pluviométrica – Abadia dos Dourados (1847003)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	272,4	89,9	246,6	425,7	339,7	332,9	256,1	580,2	281,3	357,4	234,6
<b>Fev</b>	222,5	102,2	360,1	92,4	338,7	58,7	168,3	179,1	248,9	223,9	61,8
<b>Mar</b>	337,1	254,7	117,1	149,2	141,2	313,6	204,1	19,2	207,1	183,5	146,2
<b>Abr</b>	32,1	17,3	14,3	57,1	40,2	74,6	60,1	77,0	143,9	68,6	50,5
<b>Mai</b>	0,0	40,1	14,5	10,9	15,6	19,6	7,4	2,3	25,2	21,7	5,0
<b>Jun</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	2,7	1,8	47,0	11,7
<b>Jul</b>	10,0	0,0	0,6	0,0	21,7	0,0	0,0	24,6	0,0	2,0	30,0

Continua...

Conclusão

<b>Estação Pluviométrica – Abadia dos Dourados (1847003)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Ago</b>	28,6	26,3	0,0	0,5	0,0	16,5	2,4	0,0	0,0	43,0	0,0
<b>Set</b>	61,3	34,3	42,1	36,2	1,0	51,2	61,1	10,0	33,1	65,2	12,0
<b>Out</b>	38,0	111,6	100,7	98,6	25,5	70,5	276,0	38,4	46,6	103,9	84,3
<b>Nov</b>	257,3	255,6	81,4	99,4	112,5	326,2	191,7	101,0	202,4	60,3	344,8
<b>Dez</b>	221,1	394,6	235,4	153,4	339,4	239,5	292,0	187,3	369,0	377,4	133,4

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 7 – Banco de dados da Estação Pluviométrica Cascelho Rico**

<b>Estação Pluviométrica – Cascelho Rico (1847007)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	399,0	137,8	315,4	451,9	365,7	816,4	190,8	309,2	232,4	303,5	204,1
<b>Fev</b>	458,4	81,7	327,6	118,7	409,7	54,4	156,3	167,3	330,2	146,5	113,2
<b>Mar</b>	347,4	281,5	207,3	283,3	188,7	334,2	280,5	155,5	207,1	105,6	134,4
<b>Abr</b>	24,6	22,9	3,5	119,4	39,2	99,5	82,9	37,9	164,9	21,5	47,2
<b>Mai</b>	11,0	55,2	45,4	3,3	8,0	35,2	10,0	0,0	16,0	17,8	7,7
<b>Jun</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	0,0	2,3	50,7	18,1
<b>Jul</b>	11,1	0,0	0,0	0,0	27,6	0,0	0,0	5,5	0,0	7,1	0,8
<b>Ago</b>	18,9	18,7	0,0	0,0	0,0	6,5	0,5	0,0	0,0	28,4	0,0
<b>Set</b>	131,9	63,9	45,4	69,8	0,0	27,7	52,5	0,0	36,6	67,0	29,1
<b>Out</b>	71,0	120,6	65,8	61,7	63,7	18,4	190,9	74,1	50,3	57,7	61,6
<b>Nov</b>	182,7	225,5	54,8	184,8	125,8	297,7	276,2	101,8	133,3	101,6	259,5
<b>Dez</b>	237,1	359,5	240,0	306,7	328,2	300,7	382,2	201,8	422,7	269,9	366,5

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 8 – Banco de dados da Estação Pluviométrica Coromandel**

<b>Estação Pluviométrica – Coromandel (1847008)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	313,7	124,0	190,4	557,0	406,9	398,5	256,9	680,1	328,4	378,4	230,6
<b>Fev</b>	271,4	64,1	438,3	106,7	366,9	49,3	140,0	355,7	309,7	171,2	49,8
<b>Mar</b>	193,7	272,9	162,8	264,2	195,6	279,8	280,9	49,9	210,0	165,0	179,7
<b>Abr</b>	66,7	78,8	21,9	37,9	46,5	31,1	85,8	216,0	94,6	59,2	66,3
<b>Mai</b>	0,0	40,1	49,4	0,0	60,7	13,9	6,3	4,8	7,2	13,3	4,0
<b>Jun</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	0,0	5,0	0,0	45,7	8,5
<b>Jul</b>	3,4	0,0	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	17,8	0,0	0,4	0,0
<b>Ago</b>	29,9	25,4	0,0	0,0	0,0	4,6	26,5	0,0	4,0	24,2	0,0
<b>Set</b>	47,5	28,4	33,1	48,2	8,1	17,3	95,0	5,5	48,7	86,6	26,0
<b>Out</b>	33,0	80,5	110,4	96,9	36,8	27,3	263,2	35,9	27,5	184,8	84,6
<b>Nov</b>	178,9	316,5	32,0	168,4	105,0	463,8	289,6	88,3	140,4	133,8	506,0
<b>Dez</b>	241,0	319,1	567,5	194,0	464,9	406,7	526,9	337,6	280,4	305,7	296,6

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 9** – Banco de dados da Estação Pluviométrica Iraí de Minas

Estação Pluviométrica – Iraí de Minas (1847010)											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Jan</b>	351,9	153,9	194,8	397,6	407,8	315,2	155,1	377,4	208,5	222,2	164,8
<b>Fev</b>	318,9	72,0	373,0	272,9	342,4	47,9	165,4	90,6	294,5	178,5	179,9
<b>Mar</b>	289,3	303,4	162,6	177,2	121,3	182,9	177,5	47,7	180,2	222,8	159,3
<b>Abr</b>	67,9	90,7	11,9	83,3	97,8	33,1	140,9	78,7	78,5	117,6	65,8
<b>Mai</b>	0,2	35,5	60,6	14,8	34,6	66,7	14,6	6,1	14,7	27,2	13,5
<b>Jun</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	9,2	0,0	12,0	26,4	47,1	11,3
<b>Jul</b>	8,7	6,5	2,8	9,2	28,5	0,0	0,0	26,4	0,0	2,7	3,9
<b>Ago</b>	12,6	33,6	1,5	5,4	0,0	10,4	12,9	0,8	0,0	14,1	0,0
<b>Set</b>	74,3	35,7	33,4	92,3	0,0	33,3	89,2	0,0	107,7	83,4	39,8
<b>Out</b>	48,6	118,1	30,2	54,5	30,8	89,2	160,5	56,0	96,2	220,1	93,6
<b>Nov</b>	216,4	308,6	53,3	198,7	153,8	441,4	238,6	185,6	168,8	160,1	198,2
<b>Dez</b>	150,3	328,1	220,3	183,0	266,1	260,4	388,9	223,1	499,4	307,0	177,8

Elaboração: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica média mensal de cada estação pluviométrica da **Tabela 2** foi calculada utilizando a função “MÉDIA”, do *software EXCEL 2007*. A função “MÉDIA” retorna a média aritmética do conjunto de dados em questão, somando todos os valores do conjunto e dividindo-o pelo número de elementos do mesmo. No caso, da precipitação média mensal das estações pluviométricas, foram somados todos os valores de precipitação pluviométrica correspondentes ao mês em questão (ex: soma de todos os janeiros) dividindo-o, em seguida, pelo número de elementos (ex: 11 janeiros).

O cálculo da precipitação pluviométrica média anual das estações pluviométricas da **Tabela 2**, também foi realizado utilizando a função “MÉDIA”, do *software EXCEL 2007*. Porém, para obtenção da precipitação pluviométrica média anual, foram somados todos os valores de precipitação correspondentes ao ano em questão (ex: soma dos meses do ano 2000) dividindo-o pelo número de meses do ano (ex: 12 meses). Posteriormente, foi realizado o cálculo da precipitação pluviométrica média de toda série histórica, de 2000 a 2010, para cada estação pluviométrica, somando os valores das médias anuais de precipitação pluviométrica de cada ano da série histórica (ex: soma da média anual dos anos 2000 a 2010) dividindo-o pelo número de anos (ex: 11 anos).

Após, o cálculo de precipitação pluviométrica média mensal e anual, de cada estação pluviométrica da **Tabela 2**, os respectivos valores de precipitação foram agrupados em uma única planilha, no *software EXCEL 2007*, para conversão do arquivo de dados no formato adequado (.csv). Depois, o arquivo com os dados de precipitação pluviométrica das estações pluviométricas foi importado para o *software Qgis 3.18*, através da função “Camada”,

“Adicionar Camada”, “Adicionar Camada de Texto Delimitado”, para conversão dos dados em vetores de pontos (*shapefile*). Esta etapa foi realizada com a finalidade de confeccionar os mapas mensais e anuais de precipitação da série histórica de 11 anos escolhida para o município de Monte Carmelo, utilizando a ferramenta de interpolação *IDW*.

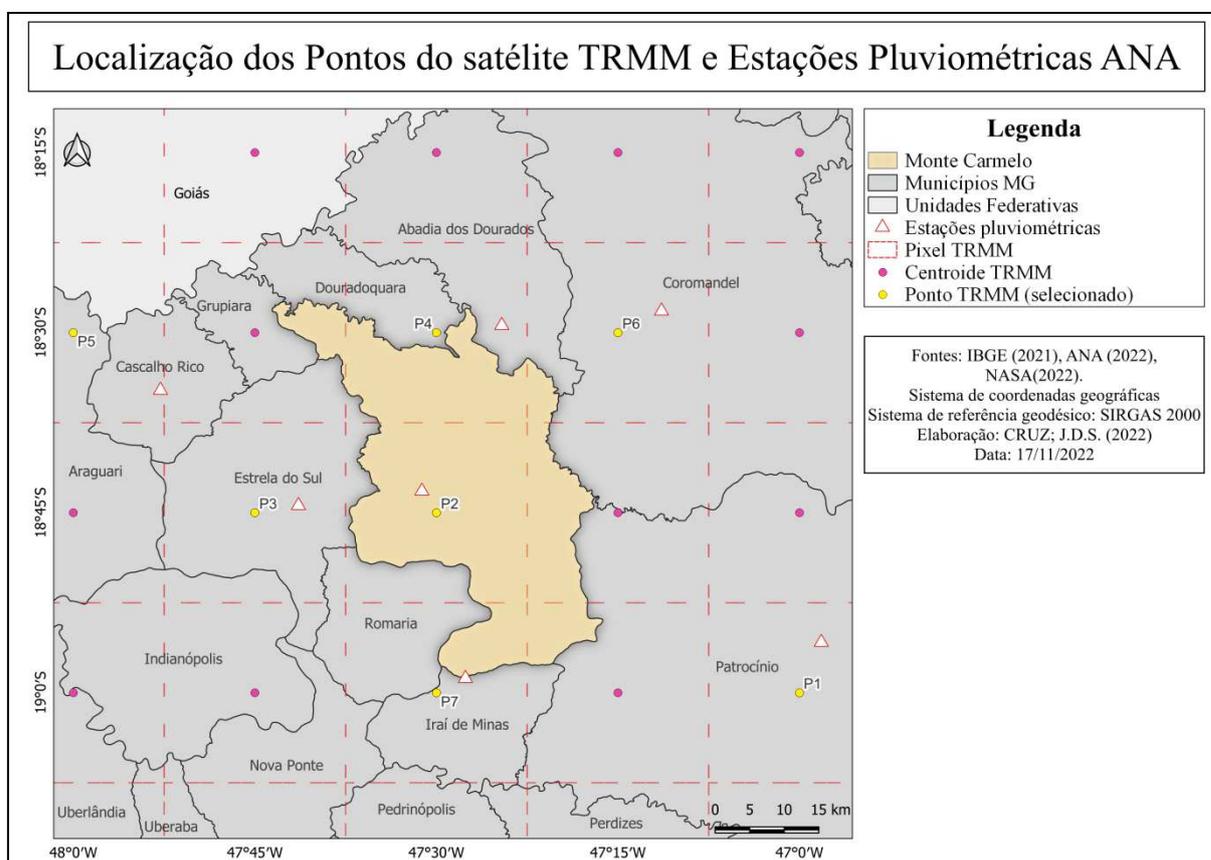
Os dados de precipitação pluvial do satélite TRMM, produto 3B43, foram adquiridos no formato padrão comunitário para compartilhamento de dados científicos NetCDF (*Network Common Data Form*), no sistema de referência geodésico WGS 84 e no sistema de coordenadas geográficas, através do banco de dados *Distributed Active Archive System* (GES DISC DAAC, 2022), no sítio eletrônico da *National Aeronautics and Space Administration – NASA*, no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010. Este produto concede dados pluviométricos, em milímetros (mm), com uma resolução espacial de aproximadamente 30 km (0,25° x 0,25°) e uma resolução temporal mensal (ALMEIDA et al., 2015). Foi utilizado o *software ArcGIS 3.6.1* para a conversão dos dados, originalmente NetCDF para o formato de arquivo raster (.TIFF) e, também, a conversão do sistema de referência geodésico WGS 84 para SIRGAS 2000, através da ferramenta “*Geoprocessing*”, “*ArcToolbox*”, “*Multidimension Tools*”, “*Make NetCDF Raster Layer*”. Após, a conversão dos dados de precipitação pluviométrica do satélite TRMM produto 3B43 em formato raster (.TIFF), cada arquivo foi salvo correspondente ao mês e ano de referência dos seus dados. Foram selecionados pontos TRMM (centroides dos pixels da imagem raster) mais próximos das estações pluviométricas da **Tabela 2**, com a finalidade de aplicar a mesma metodologia pontual, como nas estações pluviométricas, nesses pontos selecionados. Os dados de cada ponto do satélite TRMM também foram tabelados no *software EXCEL 2007*, para realização de cálculo de precipitação média mensal e anual da série histórica do satélite.

A **Tabela 10** e **Figura 11** representam os 7 pontos escolhidos do satélite TRMM que são mais próximos das estações pluviométricas da **Tabela 2** e, conseqüentemente, do município de Monte Carmelo, para a aplicação da interpolação espacial (método *IDW*) para a distribuição da precipitação em toda área de estudo.

**Tabela 10 – Pontos do satélite TRMM de interesse**

Código	Nome	Latitude (°)	Longitude (°)
P1	Charqueada do Patrocínio	-19,00	-47,00
P2	Monte Carmelo	-18,75	-47,50
P3	Estrela do Sul	-18,75	-47,75
P4	Abadia dos Dourados	-18,50	-47,50
P5	Cascalho Rico	-18,50	-48,00
P6	Coromandel	-18,50	-47,25
P7	Iraí de Minas	-19,00	-47,50

Fonte: NASA (2022).

**Figura 11 – Localização dos Pontos TRMM próximos à área de estudo**

Elaboração: O autor (2022).

Para a realização do cálculo de precipitação média mensal e anual, referente aos 11 anos de cada ponto do satélite TRMM, também, foram elaboradas planilhas individuais no *software Excel 2007* para cada ponto de interesse, contendo, o total de precipitação mensal ocorrido entre os anos de 2000 e 2010, sendo esses valores extraídos dos arquivos brutos de dados pluviométricos do produto 3B43 do satélite TRMM coletados através do banco de dados *Distributed Active Archive System* (GES DISC DAAC, 2022), no sítio eletrônico da

NASA. A Tabela 11, Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14, Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17 representam, respectivamente, a montagem individual do banco de dados pluviométricos de cada ponto do satélite TRMM selecionado para o cálculo da média mensal e anual da série histórica.

**Tabela 11 – Banco de dados do Ponto TRMM (P1)**

<b>Ponto TRMM – Charqueada do Patrocínio (P1)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	374,0	180,6	253,9	503,2	380,4	332,4	209,6	487,9	304,8	288,0	193,0
<b>Fev</b>	325,9	117,0	368,7	122,0	350,5	95,3	180,5	278,9	268,3	200,4	156,9
<b>Mar</b>	265,3	193,1	137,9	221,8	200,9	229,8	266,1	72,1	267,2	224,9	217,4
<b>Abr</b>	49,7	27,1	23,4	74,7	100,7	60,4	138,0	88,2	135,0	86,2	69,5
<b>Mai</b>	1,7	48,9	40,9	22,5	22,9	47,2	29,1	9,3	12,4	77,4	21,5
<b>Jun</b>	0,7	1,0	0,6	0,6	4,2	14,5	6,7	6,7	15,6	45,1	12,3
<b>Jul</b>	9,8	5,5	5,9	3,8	35,3	0,3	0,3	46,4	0,0	1,4	0,5
<b>Ago</b>	21,4	43,2	4,6	9,7	2,2	9,2	9,9	0,0	4,2	39,7	0,0
<b>Set</b>	101,5	49,6	60,9	76,3	6,0	78,7	58,9	17,2	53,6	80,1	46,2
<b>Out</b>	50,1	105,2	64,5	59,5	57,9	48,5	200,1	41,7	36,1	126,8	120,9
<b>Nov</b>	263,4	248,8	103,7	179,3	134,6	348,7	224,1	164,7	115,5	188,6	284,1
<b>Dez</b>	241,5	392,0	261,5	220,4	333,7	362,3	390,0	240,1	395,0	313,5	293,5

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 12 – Banco de dados do Ponto TRMM (P2)**

<b>Ponto TRMM – Monte Carmelo (P2)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	368,8	166,7	260,4	518,2	353,2	356,3	196,0	463,3	263,2	283,3	208,3
<b>Fev</b>	343,8	115,3	386,2	107,9	368,0	78,8	142,4	243,6	276,5	176,5	164,1
<b>Mar</b>	286,3	196,8	155,9	231,9	185,8	258,6	314,7	56,8	255,4	173,3	195,0
<b>Abr</b>	45,0	30,1	26,7	83,9	85,7	59,4	158,2	73,7	149,9	84,7	71,6
<b>Mai</b>	0,8	46,0	39,1	14,8	19,8	30,0	17,7	5,0	15,4	62,7	12,4
<b>Jun</b>	0,6	1,1	0,5	0,5	5,0	17,2	5,1	2,8	11,7	36,0	12,1
<b>Jul</b>	12,1	2,6	3,6	1,5	34,3	0,0	0,3	12,9	0,0	1,5	0,0
<b>Ago</b>	24,9	30,9	3,0	5,3	3,1	13,1	7,4	0,0	2,8	37,4	0,0
<b>Set</b>	90,9	55,1	50,8	88,5	5,0	62,3	52,1	15,2	36,4	74,2	38,3
<b>Out</b>	49,2	99,7	72,2	74,8	42,3	45,1	170,2	47,8	40,3	121,9	112,1
<b>Nov</b>	238,3	262,6	94,9	163,7	124,8	302,3	175,4	142,2	97,4	165,5	279,2
<b>Dez</b>	236,4	421,9	264,4	214,3	334,8	350,9	331,0	195,7	324,7	275,9	254,6

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 13 – Banco de dados do Ponto TRMM (P3)**

<b>Ponto TRMM – Estrela do Sul (P3)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	365,1	165,4	251,4	513,4	324,3	370,6	176,1	446,3	244,1	296,1	212,5
<b>Fev</b>	344,8	113,7	383,4	112,3	355,7	83,5	124,2	228,8	302,3	174,8	156,0
<b>Mar</b>	288,5	213,6	161,7	231,3	175,9	271,8	318,4	59,3	295,9	171,4	188,5
<b>Abr</b>	45,6	28,6	28,1	100,3	91,0	55,3	173,7	68,5	155,8	69,8	69,1
<b>Mai</b>	0,7	48,6	42,7	17,2	21,3	32,7	22,8	6,9	12,8	54,3	12,2
<b>Jun</b>	0,6	1,2	0,4	0,8	10,1	17,7	8,6	3,8	13,8	38,4	14,6
<b>Jul</b>	13,8	3,1	3,0	1,8	35,3	2,1	0,8	12,3	0,0	1,9	0,4
<b>Ago</b>	23,7	30,5	4,0	5,6	3,3	15,0	7,3	0,0	3,3	38,6	0,0
<b>Set</b>	91,5	61,4	46,5	84,8	5,5	54,1	40,8	16,2	33,9	73,2	35,1
<b>Out</b>	49,7	110,7	66,5	70,6	53,1	50,7	162,6	46,7	46,7	122,5	111,9
<b>Nov</b>	229,9	249,7	91,9	167,5	130,0	302,3	191,3	123,9	78,2	157,5	229,4
<b>Dez</b>	238,7	419,3	271,3	214,7	327,2	352,5	300,2	182,7	341,7	275,1	271,8

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 14 – Banco de dados do Ponto TRMM (P4)**

<b>Ponto TRMM – Abadia dos Dourados (P4)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	338,8	159,4	257,0	497,3	364,1	368,0	184,3	499,1	293,2	306,7	210,8
<b>Fev</b>	336,1	97,8	395,1	95,9	387,9	84,8	137,2	265,7	298,7	214,3	145,7
<b>Mar</b>	289,4	209,5	160,5	228,1	178,2	260,3	288,7	53,2	263,2	150,8	233,7
<b>Abr</b>	46,4	30,3	30,0	81,8	90,4	66,0	164,6	71,0	145,2	74,6	66,7
<b>Mai</b>	0,6	44,9	36,2	12,2	16,3	21,5	15,2	6,1	15,3	69,7	10,8
<b>Jun</b>	0,5	1,5	0,5	0,5	3,5	14,1	3,9	2,1	11,5	32,3	15,7
<b>Jul</b>	11,8	1,7	3,0	1,1	29,7	0,0	0,2	13,5	0,2	1,2	0,3
<b>Ago</b>	28,0	30,4	2,5	6,0	2,9	12,7	6,2	0,0	1,1	32,4	0,0
<b>Set</b>	86,8	60,3	50,2	76,0	4,6	52,4	33,3	15,2	37,1	64,1	32,8
<b>Out</b>	48,5	105,9	72,2	76,3	36,4	43,4	165,9	36,0	35,2	129,1	82,5
<b>Nov</b>	248,0	269,0	96,1	154,9	123,3	300,0	180,7	124,1	90,9	139,8	275,5
<b>Dez</b>	241,0	415,2	279,7	228,0	326,9	353,1	317,0	214,3	332,7	279,3	287,2

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 15 – Banco de dados do Ponto TRMM (P5)**

<b>Ponto TRMM – Cascelho Rico (P5)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	337,2	169,0	235,1	481,7	253,9	412,3	160,3	455,6	241,9	263,9	240,2
<b>Fev</b>	311,2	86,2	377,5	104,5	394,1	88,3	121,9	270,8	339,8	140,0	120,7
<b>Mar</b>	294,6	256,3	166,0	214,2	147,3	295,1	249,0	75,4	308,5	113,1	168,1
<b>Abr</b>	46,4	38,4	24,5	119,7	106,2	38,5	188,3	82,8	161,6	40,8	77,7
<b>Mai</b>	0,3	63,4	44,8	28,7	22,6	34,1	25,4	17,9	22,9	47,0	4,3
<b>Jun</b>	0,2	1,9	0,5	1,5	17,8	14,6	16,4	14,5	28,1	62,5	16,6
<b>Jul</b>	15,2	4,3	4,3	1,1	32,7	19,6	3,6	9,9	1,1	7,9	0,0

Continua...

Conclusão

<b>Ponto TRMM – Cascalho Rico (P5)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Ago</b>	22,0	29,3	3,0	7,4	3,7	14,6	6,1	1,2	5,7	37,3	0,0
<b>Set</b>	89,0	72,6	49,7	64,8	6,8	48,8	29,0	35,0	32,1	61,9	16,3
<b>Out</b>	55,1	115,3	45,2	68,8	59,9	50,1	236,1	70,8	65,4	126,2	99,2
<b>Nov</b>	223,9	243,1	90,3	170,1	151,2	276,7	212,3	130,1	55,4	129,9	197,4
<b>Dez</b>	236,1	412,6	294,7	241,1	300,3	342,8	286,1	7,0	339,1	287,2	230,4

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 16 – Banco de dados do Ponto TRMM (P6)**

<b>Ponto TRMM – Coromandel (P6)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	338,2	170,6	257,5	494,5	384,6	364,7	217,4	504,9	313,6	324,3	211,7
<b>Fev</b>	326,1	93,9	396,7	96,9	385,1	88,4	148,4	261,2	290,4	202,4	141,5
<b>Mar</b>	277,7	203,6	153,4	229,8	199,6	249,7	317,4	57,5	244,5	172,1	241,4
<b>Abr</b>	45,2	26,5	30,2	76,7	95,6	68,3	158,5	89,7	123,2	77,6	64,8
<b>Mai</b>	0,8	40,8	34,6	14,9	14,9	24,0	15,2	6,6	14,7	73,2	16,7
<b>Jun</b>	0,5	1,5	0,7	0,6	2,3	13,8	4,2	2,3	14,7	39,8	13,3
<b>Jul</b>	10,8	1,7	3,6	1,5	33,5	0,0	0,3	25,9	0,1	0,9	1,3
<b>Ago</b>	28,1	35,7	2,6	8,0	3,0	11,0	6,4	0,0	1,8	38,8	0,0
<b>Set</b>	84,7	54,5	51,3	74,0	4,8	59,3	49,3	16,0	37,1	82,5	35,0
<b>Out</b>	46,6	100,5	74,9	71,1	38,0	38,8	185,8	41,4	31,5	141,3	92,9
<b>Nov</b>	263,0	269,7	99,2	157,0	129,9	314,4	207,9	123,0	124,3	150,3	303,0
<b>Dez</b>	237,5	398,4	287,8	227,7	338,9	370,4	340,7	219,4	353,7	310,2	298,0

Elaboração: O autor (2022)

**Tabela 17 – Banco de dados do Ponto TRMM (P7)**

<b>Ponto TRMM – Iraí de Minas (P7)</b>											
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Jan</b>	401,3	177,1	252,4	535,4	346,0	343,1	200,5	459,9	235,7	267,7	221,5
<b>Fev</b>	346,8	136,5	385,6	132,3	328,3	88,0	189,6	222,4	325,6	176,7	178,9
<b>Mar</b>	284,4	192,3	142,1	238,5	176,5	236,7	314,9	69,1	277,0	206,8	209,0
<b>Abr</b>	48,1	30,6	26,4	92,6	89,1	62,5	156,7	74,2	127,0	92,2	76,4
<b>Mai</b>	0,9	49,9	41,6	19,9	24,2	49,1	29,2	7,7	10,2	69,5	14,4
<b>Jun</b>	0,6	0,7	0,4	0,5	7,3	20,4	7,7	3,4	12,5	37,1	11,3
<b>Jul</b>	11,5	5,7	3,9	2,2	39,7	0,3	0,4	53,3	0,0	1,9	0,0
<b>Ago</b>	20,6	32,7	3,9	7,3	2,5	12,5	10,3	0,0	5,1	41,9	0,0
<b>Set</b>	102,3	50,9	53,7	90,9	6,0	65,1	49,2	13,4	37,6	81,1	43,0
<b>Out</b>	53,7	99,9	65,2	67,5	62,1	56,3	178,5	53,3	49,6	129,8	115,6
<b>Nov</b>	232,7	249,3	112,3	180,5	124,6	321,2	185,4	164,0	118,3	165,1	255,1
<b>Dez</b>	237,5	407,9	257,8	207,7	344,1	385,4	343,8	224,8	335,5	293,9	233,4

Elaboração: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica média mensal de cada ponto TRMM, da **Tabela 10**, foi calculada utilizando a função “MÉDIA” do *software EXCEL 2007*. No caso, da precipitação média mensal dos pontos TRMM, foram somados todos os valores de precipitação pluviométrica correspondentes ao mês em questão (ex: soma de todos os janeiros) dividindo-o, em seguida, pelo número de elementos (ex: 11 janeiros).

O cálculo da precipitação pluviométrica média anual dos pontos TRMM da **Tabela 10**, também foi realizado utilizando a função “MÉDIA” do *software EXCEL 2007*. Porém, para obtenção da precipitação pluviométrica média anual, foram somados todos os valores de precipitação correspondentes ao ano em questão (ex: soma dos meses do ano 2000) dividindo-o pelo número de meses do ano (ex: 12 meses). Após, também foi realizado o cálculo da precipitação pluviométrica média de toda série histórica, de 2000 a 2010, para cada ponto TRMM, somando os valores das médias anuais de precipitação pluviométrica de cada ano da série histórica do satélite (ex: soma da média anual dos anos 2000 a 2010) dividindo-o pelo número de anos (ex: 11 anos).

Posteriormente, os arquivos foram importados para o *software Qgis 3.18* para realização dos mapas de precipitação mensais e anuais da série histórica TRMM para a área de estudo através da interpolação *IDW*.

Os dados de precipitação pluviométrica estimados pelo produto 3B43, do satélite TRMM, e os dados observados localmente, pelas estações pluviométricas, para os anos de 2000 a 2010, foram analisados e correlacionados estatisticamente, por meio de parâmetros numéricos, como: Erro Médio (EM, **Equação 3**), Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ, **Equação 4**), coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ , **Equação 5**), índice de concordância ( $d$ , **Equação 6**) e índice de desempenho ( $c$ , **Equação 7**), no *software EXCEL 2007*, assim como, foram elaborados pluviogramas para melhor compreensão da distribuição da precipitação acumulada ao longo do tempo.

Os valores obtidos referentes ao coeficiente de correção linear de Pearson ( $r$ , **Equação 5**) foram classificados seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**).

**Tabela 18** – Classificação de Hopkins (2000)

<b>Coefficiente de correlação (r)</b>	<b>Descrição</b>
0,0 – 0,1	Muito Baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito Alta
0,9 – 1,0	Perfeita

Fonte: Adaptado de Hopkins (2000).

Foi também adotado, outro critério para interpretar o desempenho dos métodos pelo índice “c” (**Equação 7**) para as medidas de precipitação pluviométricas, das estações e do satélite. Critério esse desenvolvido por Camargo e Sentelhas (1997), como demonstrado na **Tabela 19**.

**Tabela 19** – Critério de Camargo e Sentelhas (1997)

<b>Índice de desempenho (c)</b>	<b>Descrição</b>
$\leq 0,40$	Péssimo
0,41– 0,50	Mau
0,51– 0,60	Sofrível
0,61– 0,65	Mediano
0,66 – 0,75	Bom
0,76 – 0,85	Muito Bom
$> 0,85$	Ótimo

Fonte: Adaptado de Camargo e Sentelhas (1997).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A **Tabela 20** representa o resultado da análise quantitativa que indica a média de precipitação pluviométrica mensal (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Charqueada do Patrocínio” (**Tabela 2**) e pelo ponto TRMM (P1) (**Tabela 10**), no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010.

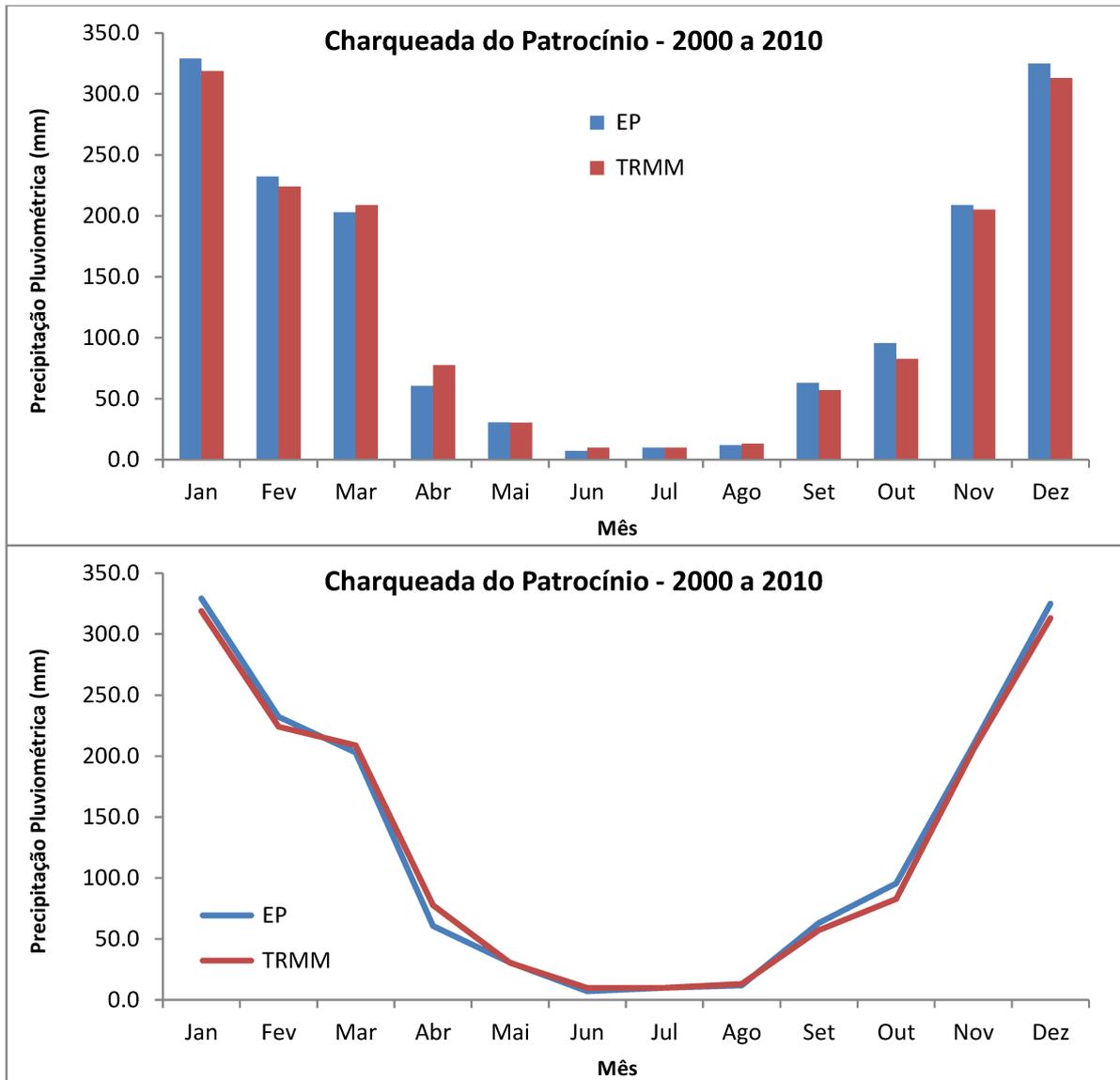
**Tabela 20** – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica “Charqueada do Patrocínio”

Período Registro	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
Janeiro	329,2	318,9	550,9	503,2	179,8	180,6
Fevereiro	232,1	224,0	396,9	368,7	50,8	95,3
Março	203,0	208,8	305,8	267,2	79,2	72,1
Abril	60,7	77,6	110,7	138,0	4,4	23,4
Maiο	30,5	30,3	54,0	77,4	4,7	1,7
Junho	7,1	9,8	46,0	45,1	0,0	0,6
Julho	9,9	9,9	48,5	46,4	0,0	0,0
Agosto	11,9	13,2	57,8	43,2	0,0	0,0
Setembro	63,0	57,2	110,8	101,5	0,0	6,0
Outubro	95,7	82,8	261,4	200,1	40,0	36,1
Novembro	208,7	205,0	376,5	348,7	89,6	103,7
Dezembro	325,0	313,0	456,5	395,0	193,6	220,4

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A distribuição temporal da precipitação pluvial média mensal no período de 2000 a 2010, para ambas as fontes de dados, mostraram que as estimativas de precipitação do ponto (P1) do satélite TRMM apresentam consideráveis similaridade com os dados observados da estação pluviométrica de Charqueada do Patrocínio (**Figura 12**).

**Figura 12** – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica "Charqueada do Patrocínio" (2000-2010)

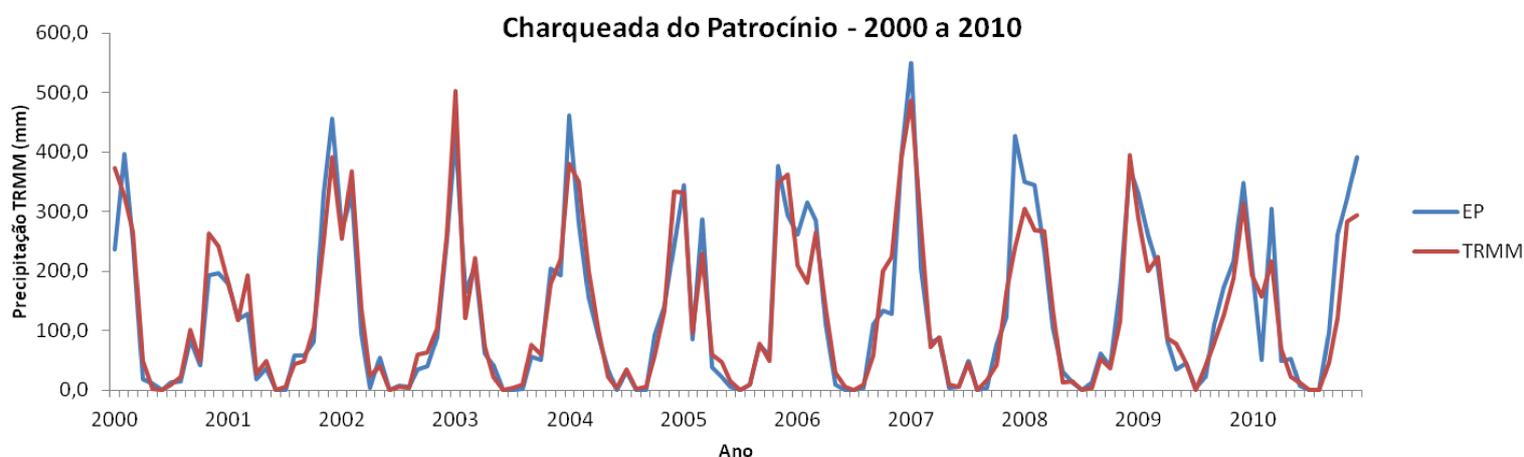


Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica obtida pela estação de “Charqueada do Patrocínio” teve maior amplitude nos dados (550,9 mm/mês), com valor máximo superior em relação ao ponto TRMM (P1) (503,2 mm/mês) (**Tabela 20**). A precipitação pluviométrica média mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto foram menores para ambos meios de medição, *in situ* e orbital, sendo esse, o período menos chuvoso na região (**Tabela 20**). Os meses mais chuvosos de acordo com os dados da estação pluviométrica “Charqueada do Patrocínio” e da estimativa do ponto TRMM (P1) foram os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (**Tabela 20**).

Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média mensal estimada correspondeu a janeiro, com média de 329,2 mm, e a menor ao mês de junho com média de 7,1 mm. Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P1), o maior valor médio também ocorreu no mês de janeiro (318,9 mm), e o menor, também ocorreu no mês de junho (9,8 mm). A **Figura 13** representa a distribuição total de precipitação pluvial mensal (mm) de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

**Figura 13** – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P1) e Estação Pluviométrica "Charqueada do Patrocínio".



Elaboração: O autor (2022)

Ao analisar a **Figura 13** é perceptível a considerável similaridade entre a distribuição temporal dos dados estimados pelo satélite TRMM (P1) e pela estação pluviométrica “Charqueada do Patrocínio”. A **Tabela 21** representa o resultado da análise da média de precipitação pluviométrica anual (mm), bem como, a média geral, considerando todas as médias anuais dos dados referentes conjuntamente, da série história, registradas pela estação pluviométrica de “Charqueada do Patrocínio” e estimada pelo ponto TRMM (P1) no intervalo de 2000 a 2010.

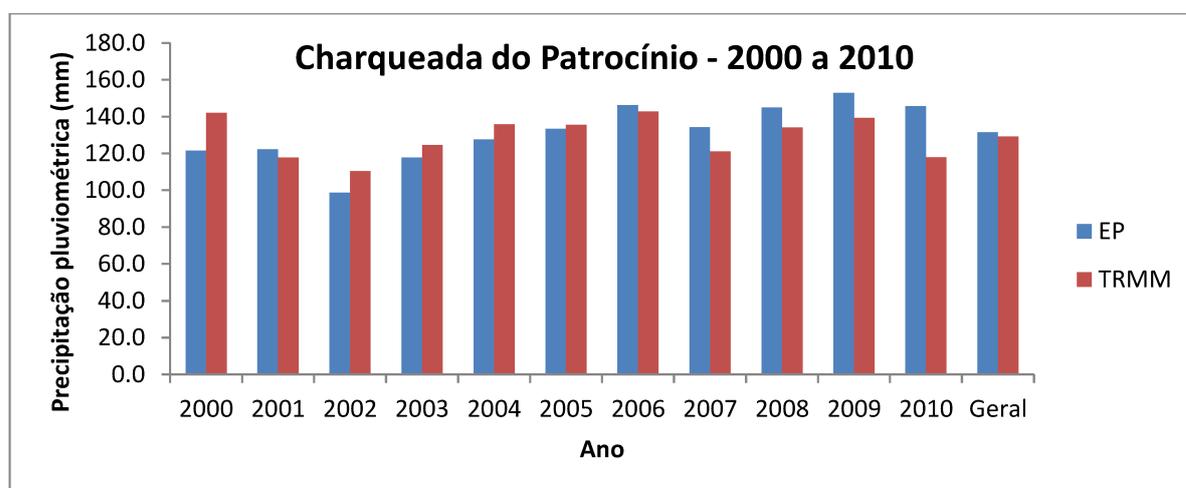
**Tabela 21** – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica “Charqueada do Patrocínio”

Período Registro	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2000	121,5	142,1	396,9	374,0	0,0	0,7
2001	122,3	117,7	456,5	392,0	0,0	1,0
2002	98,6	110,5	331,1	368,7	0,0	0,6
2003	117,8	124,5	429,6	503,2	0,0	0,6
2004	127,6	135,8	461,4	380,4	0,0	2,2
2005	133,3	135,6	376,5	362,3	1,2	0,3
2006	146,2	142,8	393,6	390,0	0,0	0,3
2007	134,3	121,1	550,9	487,9	0,0	0,0
2008	124,1	122,8	394,1	324,7	0,0	0,0
2009	152,9	139,3	349,1	313,5	4,9	1,4
2010	145,7	118,0	393,3	293,5	0,0	0,0
Geral	131,4	129,2	550,9	503,2	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A **Figura 14** representa considerável similaridade das médias anuais de ambos os meios de medição, bem como, a média geral.

**Figura 14** – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica "Charqueada do Patrocínio" (2000-2010).



Fonte: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica média anual do ano de 2002 foi a menor tanto na estação (98,6 mm/ano) quanto no ponto TRMM (110,5 mm/ano), sendo esse, considerado o ano

menos chuvoso (**Tabela 21**). Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média anual estimada correspondeu ao ano de 2009 (152,9 mm/ano). Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P1), o maior valor médio ocorreu no ano de 2006 (142,8 mm/ano) (**Tabela 21**). A média de precipitação pluviométrica geral foi de 131,4 mm para a estação pluviométrica e 129,2 mm para o ponto TRMM (P1) (**Tabela 21**).

Os resultados da análise estatística entre os dados de precipitação pluviométrica estimada pelo ponto TRMM (P1) e os dados observados na estação pluviométrica de “Charqueada de Patrocínio” mostraram que as estimativas do produto 3B43 do TRMM apresentam uma alta e significativa correlação com os dados observados da estação pluviométrica em questão (**Tabela 22**).

**Tabela 22** – Análise estatística do Ponto TRMM (P1) e Estação pluviométrica “Charqueada do Patrocínio”

Correlação - Ponto TRMM (P1) e Estação Pluviométrica “Charqueada do Patrocínio”												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Geral
<b>r</b>	0,94	0,97	0,99	0,98	0,95	0,98	0,90	0,94	0,97	0,97	0,91	0,94
<b>d</b>	0,96	0,98	0,99	0,99	0,97	0,99	0,95	0,96	0,98	0,98	0,92	0,97
<b>c</b>	0,90	0,95	0,98	0,97	0,93	0,97	0,85	0,90	0,96	0,95	0,84	0,91
<b>EM</b>	20,56	-4,67	11,97	6,65	8,17	2,28	-3,38	-13,17	-11,00	-13,57	-27,75	-2,17
<b>REMQ</b>	51,99	36,49	21,78	28,44	43,85	29,50	56,89	63,04	33,96	32,86	67,22	44,79

Elaboração: O autor (2022)

Considerando os dados referentes de toda série histórica conjuntamente (Geral), o coeficiente de correlação “r” foi de 0,94 (**Tabela 22**). Isso indica uma “perfeita” correlação dos dados estimados pelo ponto TRMM (P1) em relação aos dados da estação pluviométrica de “Charqueada do Patrocínio”, seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**), ao longo dos 11 anos, sendo um indicador de boa precisão entre os mesmos. O índice de concordância “d” foi de 0,97, o que significa uma boa exatidão entre os dados. O índice de desempenho “c” foi de 0,91, demonstrando um “Ótimo” desempenho do método, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) (**Tabela 19**). O Erro Médio “EM” Geral foi negativo (EM = -2,17), ou seja, indica uma baixa tendência do TRMM de subestimar a precipitação mensal nessa localidade (**Tabela 22**).

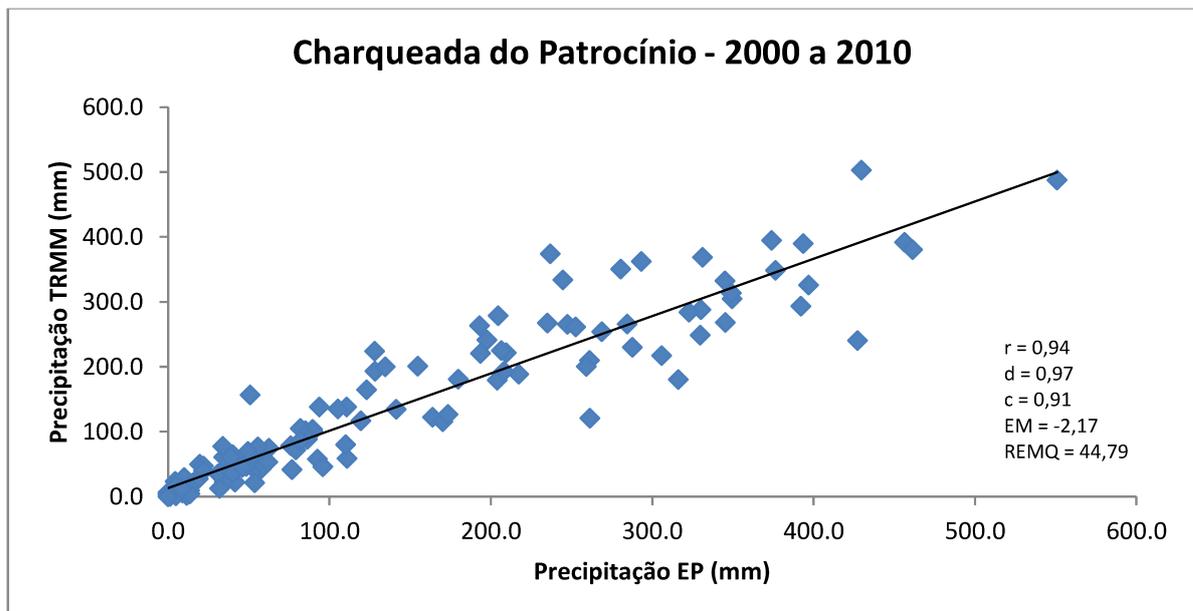
Além disso, os anos de 2001, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010 apresentaram o Erro Médio (EM) negativo, o que também indica a tendência do satélite TRMM (P1) de subestimar a precipitação mensal nesses anos (**Tabela 22**). Os anos 2000, 2002, 2003, 2004 e 2005 apresentaram o Erro Médio positivo, o que indica tendência do TRMM (P1) de superestimar a

precipitação nesses anos. Os menores valores de EM ocorreram nos anos de 2005 (EM = 2,28) e 2006 (EM = -3,38) e os maiores valores nos anos de 2010 (EM = -27,75) e 2000 (EM = 20,56) (**Tabela 22**).

Em relação ao REMQ, o ano de 2002 possuiu o menor valor (REMQ = 21,78), seguidamente dos anos 2003 (REMQ = 28,44), 2005 (REMQ = 29,50), 2009 (REMQ = 32,86), 2008 (REMQ = 33,96) e 2001 (REMQ = 36,49), indicando menores diferenças entre as métricas desses anos em relação aos demais (**Tabela 22**). De modo, que os anos que possuem maiores valores de REMQ, indicam maiores diferenças entre as métricas em relação aos demais, como no ano de 2010 (REMQ = 67,22), seguidamente, dos anos 2007 (REMQ = 63,04), 2006 (REMQ = 56,89), 2000 (REMQ = 51,99) e 2004 (REMQ = 43,85) (**Tabela 22**). Os anos que possuíram maiores índices de precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) dos dados estimados pelo TRMM (P1) foram os anos 2002, 2003 e 2005, respectivamente, e os menores índices ocorreram nos anos 2010 e 2006, respectivamente (**Tabela 22**).

A **Figura 15** representa a dispersão estabelecida entre os dados totais mensais de precipitação pluviométrica, ao longo da série histórica, do satélite TRMM em relação à estação pluviométrica.

**Figura 15** – Diagrama de dispersão "Charqueada do Patrocínio" (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022)

No diagrama de dispersão (**Figura 15**), é possível analisar que pela ascendência da reta, existe uma correlação linear positiva entre os dados, bem como, um grau de associação das variáveis pela proximidade dos pontos da linha de tendência.

A **Tabela 23** representa o resultado quantitativo da média de precipitação pluviométrica mensal (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Monte Carmelo” (**Tabela 2**) e pelo ponto TRMM (P2) (**Tabela 10**), nos meses do ano, no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010.

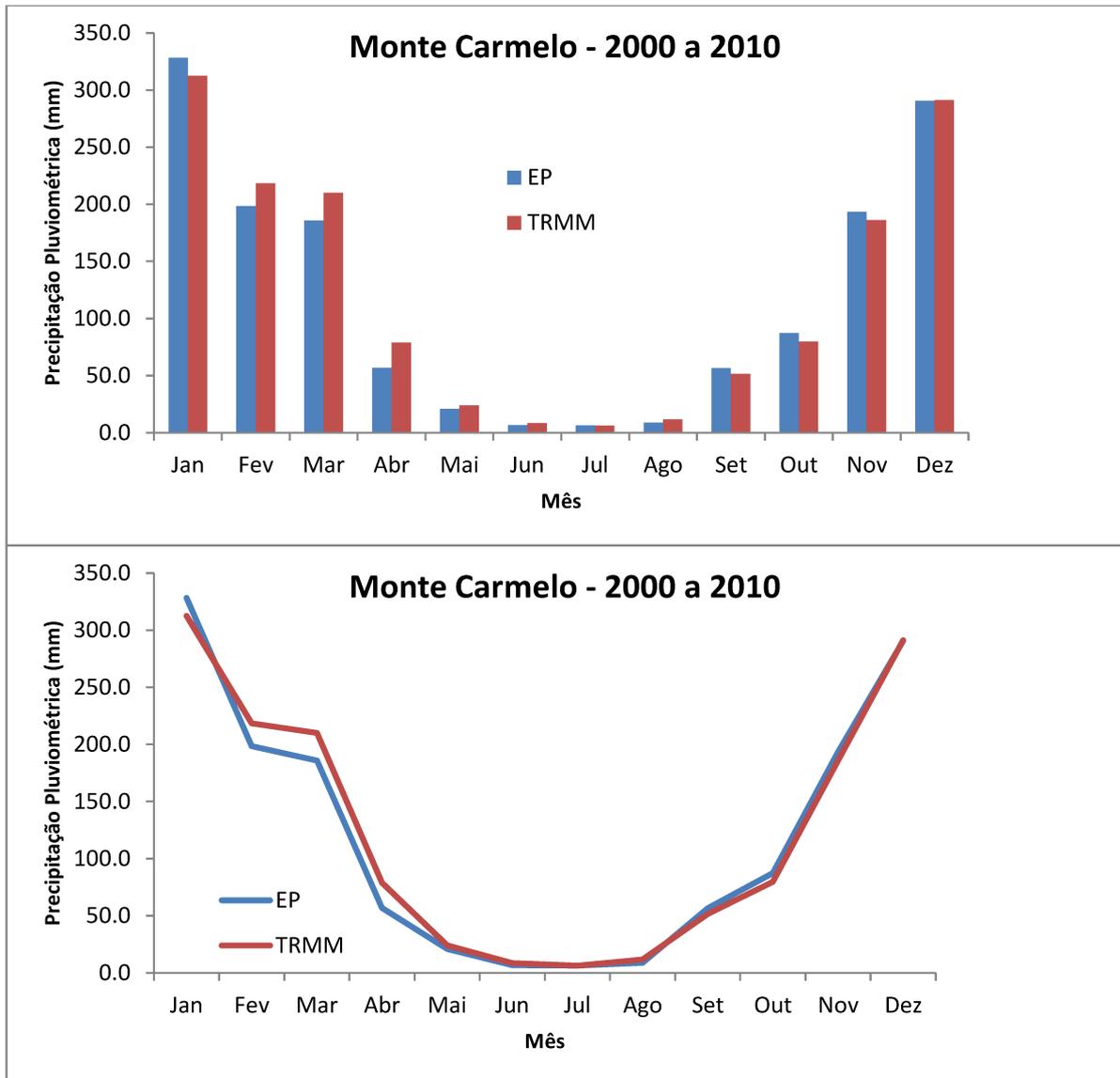
**Tabela 23** – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica “Monte Carmelo”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
Janeiro	328,3	312,5	490,4	518,2	161,3	166,7
Fevereiro	198,5	218,4	364,1	386,2	52,9	78,8
Março	185,8	210,0	333,0	314,7	82,6	56,8
Abril	56,9	79,0	93,6	158,2	12,7	26,7
Mai	20,7	24,0	47,7	62,7	0,0	0,8
Junho	6,6	8,4	31,3	36,0	0,0	0,5
Julho	6,3	6,3	25,8	34,3	0,0	0,0
Agosto	8,6	11,6	28,1	37,4	0,0	0,0
Setembro	56,5	51,7	122,2	90,9	0,0	5,0
Outubro	87,3	79,6	200,2	170,2	34,5	40,3
Novembro	193,4	186,0	417,1	302,3	78,5	94,9
Dezembro	290,8	291,3	454,9	421,9	185,0	195,7

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019).

A distribuição temporal da precipitação pluvial média mensal no período de 2000 a 2010, para ambas as fontes de dados, mostraram que as estimativas de precipitação do ponto (P2) do satélite TRMM apresentam consideráveis similaridade com os dados observados da estação pluviométrica de “Monte Carmelo” (**Figura 16**).

**Figura 16** – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica "Monte Carmelo" (2000-2010)



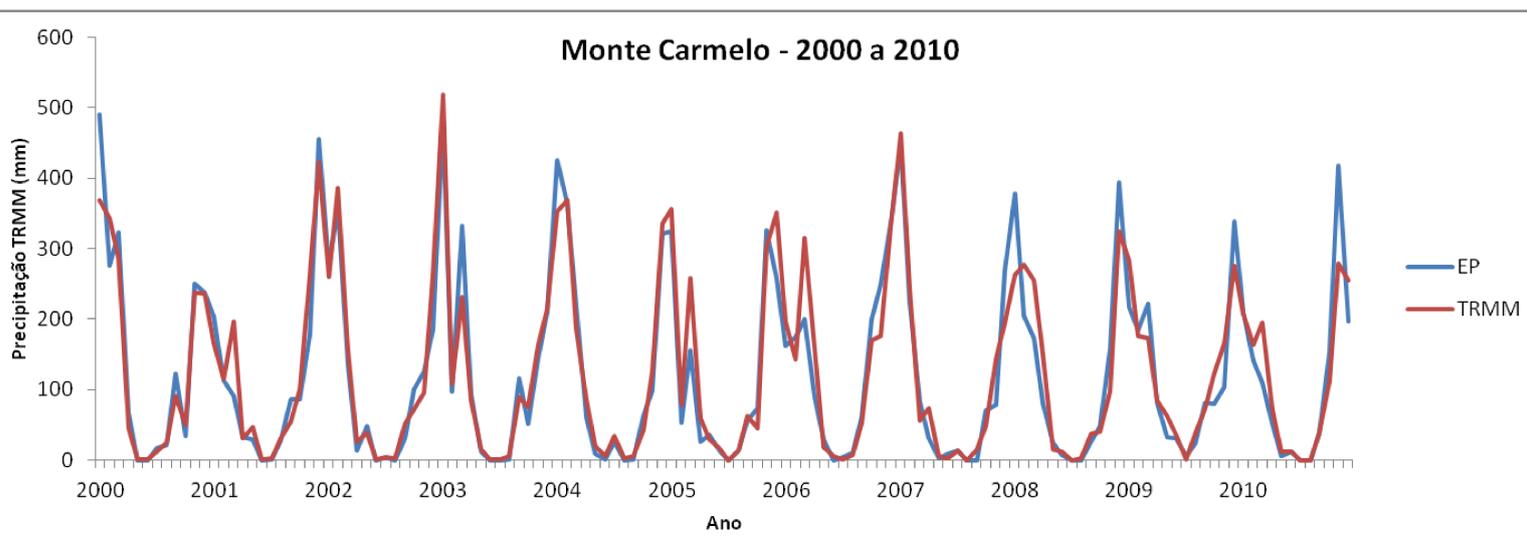
Elaboração: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica obtida pelo ponto TRMM (P2) teve maior amplitude nos dados (518,2 mm/mês), com valor máximo superior em relação à estação pluviométrica “Monte Carmelo” (490,4 mm/mês) (**Tabela 23**). A precipitação pluviométrica média mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto foram menores para ambos os meios de medição, sendo esse, o período menos chuvoso na região (**Tabela 23**). Os meses mais chuvosos de acordo com os dados da estação pluviométrica “Monte Carmelo” e da estimativa do ponto TRMM (P2) foram os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (**Tabela 23**).

Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média mensal estimada correspondeu a janeiro, com média de 328,3 mm, e a menor ao mês de julho com média de

6,3 mm. Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P2), o maior valor médio também ocorreu no mês de janeiro (312,5 mm), e o menor, também ocorreu no mês de julho (6,3 mm). A **Figura 17** representa a distribuição total de precipitação pluvial mensal (mm) de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

**Figura 17** - Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P2) e Estação Pluviométrica "Monte Carmelo"



Elaboração: O autor (2022).

Ao analisar a **Figura 17** é perceptível a considerável similaridade entre a distribuição temporal dos dados estimados pelo satélite TRMM (P2) e pela estação pluviométrica “Monte Carmelo”. A **Tabela 24** representa o resultado da análise da média de precipitação pluviométrica anual (mm), bem como, a média geral, considerando todas as médias anuais do conjunto de dados referenciada pela estação pluviométrica de “Monte Carmelo” e estimada pelo ponto TRMM (P2) no intervalo de 2000 a 2010.

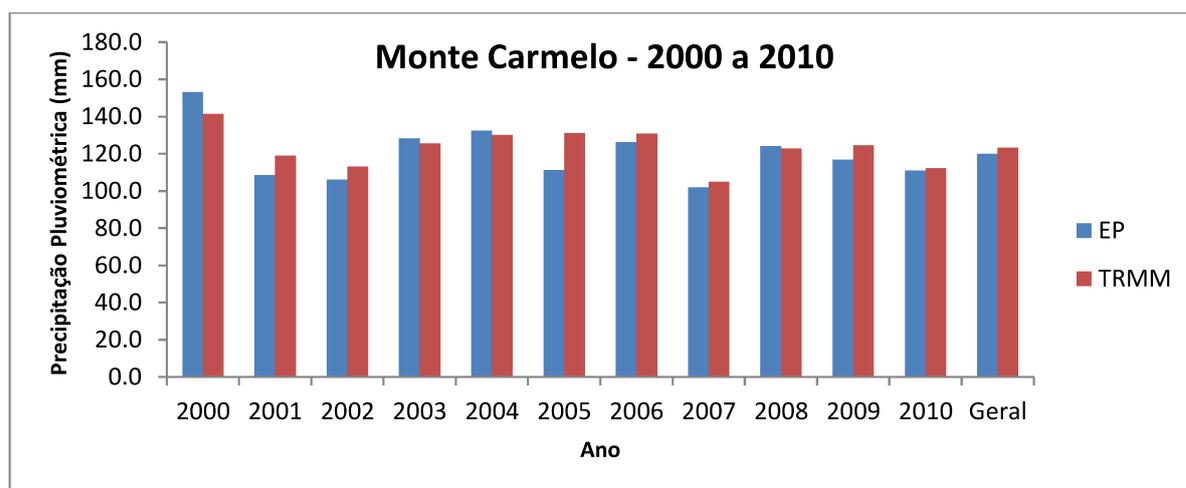
**Tabela 24** – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica “Monte Carmelo”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2000	153,1	141,4	490,4	368,8	0,0	0,6
2001	108,5	119,1	454,9	421,9	0,0	1,1
2002	106,1	113,1	357,0	386,2	0,0	0,5
2003	128,2	125,4	480,7	518,2	0,0	0,5
2004	132,4	130,2	425,3	368,0	0,0	3,1
2005	111,3	131,2	325,7	356,3	0,0	0,0
2006	126,3	130,9	335,9	331,0	0,0	0,3
2007	102,0	104,9	446,8	463,3	0,0	0,0
2008	124,1	122,8	394,1	324,7	0,0	0,0
2009	116,7	124,4	339,2	283,3	5,5	1,5
2010	110,9	112,3	417,1	279,2	0,0	0,0
Geral	120,0	123,2	490,4	518,2	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A **Figura 18** representa uma considerável similaridade das médias anuais de ambos meios de medição, bem como, a média geral.

**Figura 18** – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica "Monte Carmelo" (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica média anual do ano de 2007 (102,0 mm/ano) foi a menor tanto na estação quanto no ponto TRMM (104,9 mm/ano), sendo esse, considerado o ano menos chuvoso (**Tabela 24**). Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média anual

estimada correspondeu ao ano de 2000 (153,1 mm/ano). Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P2), o maior valor médio ocorreu no ano de 2000 (141,4 mm/ano) (**Tabela 24**). A média de precipitação pluviométrica geral, considerando as médias totais dos dados conjuntamente da série histórica, foi de 120,0 mm para a estação pluviométrica e 123,2 mm para o ponto TRMM (P2) (**Tabela 24**).

Os resultados da análise estatística entre os dados de precipitação pluviométrica estimada pelo ponto TRMM (P2) e os dados observados na estação pluviométrica de “Monte Carmelo” mostraram que as estimativas do produto 3B43 do TRMM apresentam uma alta e significativa correlação com os dados observados da estação pluviométrica em questão (**Tabela 25**).

**Tabela 25** – Análise estatística do Ponto TRMM (P2) e Estação pluviométrica “Monte Carmelo”

Correlação - Ponto TRMM (P2) e Estação Pluviométrica “Monte Carmelo”												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Geral
<b>r</b>	0,96	0,94	0,97	0,97	0,99	0,96	0,91	0,97	0,91	0,92	0,90	0,95
<b>d</b>	0,98	0,97	0,98	0,99	0,99	0,97	0,95	0,98	0,95	0,96	0,94	0,97
<b>c</b>	0,94	0,91	0,96	0,96	0,98	0,93	0,86	0,95	0,86	0,88	0,85	0,92
<b>EM</b>	-11,70	10,61	7,06	-2,78	-2,23	19,86	4,60	2,89	-1,30	7,68	1,38	3,28
<b>REMQ</b>	43,54	43,38	29,20	33,64	26,42	44,25	47,14	33,35	56,94	38,40	51,97	41,75

Elaboração: O autor (2022).

Considerando os dados referentes de toda série histórica conjuntamente (Geral), o coeficiente de correlação “r” de 0,95 (**Tabela 25**). Isso indica uma “perfeita” correlação dos dados estimados pelo ponto TRMM (P2) em relação aos dados da estação pluviométrica de “Monte Carmelo”, seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**), ao longo dos 11 anos, indicando uma boa precisão entre os mesmos. O índice de concordância “d” (Geral) foi de 0,97, indicando uma boa exatidão entre os dados. O índice de desempenho “c” (Geral) foi de 0,92, indicando um “Ótimo” desempenho do método, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) (**Tabela 19**). O Erro Médio “EM” (Geral) foi positivo, de 3,28, indicando baixa tendência do TRMM de superestimar a precipitação mensal nessa localidade (**Tabela 25**).

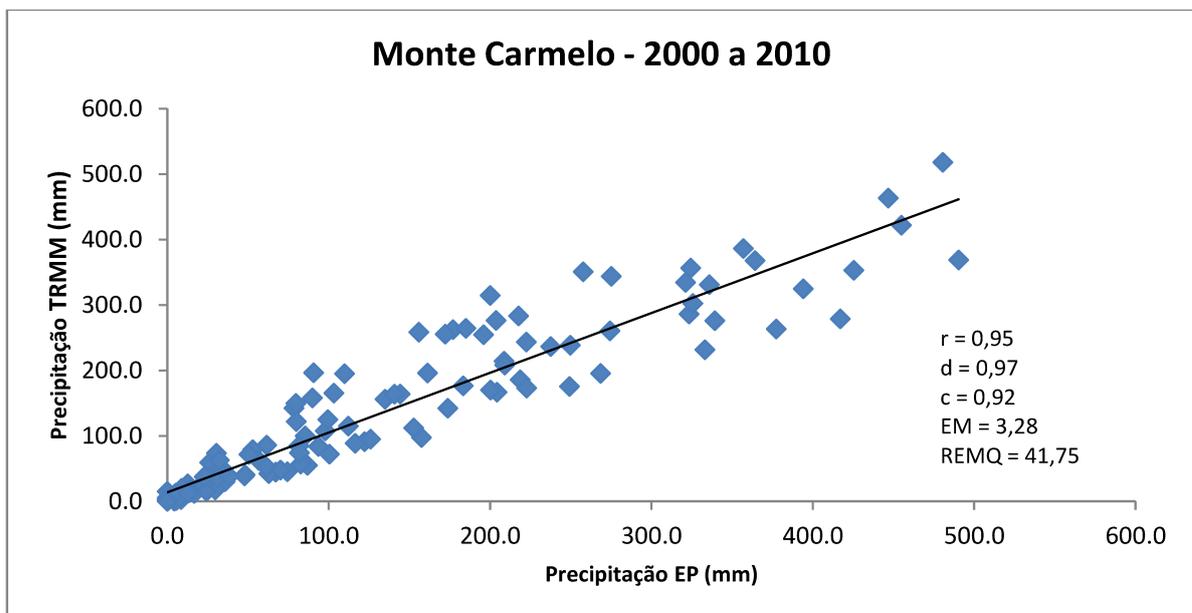
Além disso, os anos de 2000, 2003, 2004 e 2008 apresentaram o Erro Médio (EM) negativo, o que indica a tendência do satélite TRMM (P2) de subestimar a precipitação mensal nesses anos (**Tabela 25**). Os anos 2001, 2002, 2005, 2006, 2007, 2009 e 2010 apresentaram o Erro Médio positivo, o que indica maior tendência do TRMM de superestimar

a precipitação nesses anos (**Tabela 25**). Os menores valores de EM ocorreram nos anos de 2008 (EM = -1,30) e 2010 (EM = 1,38) e os maiores valores nos anos de 2005 (EM = 19,86), 2000 (EM = -11,70) e 2001 (EM = 10,61) (**Tabela 25**).

Em relação ao REMQ, o ano de 2004 possuiu o menor valor (REMQ = 26,42), seguidamente dos anos 2002 (REMQ = 29,20), 2007 (REMQ = 33,35), 2003 (REMQ = 33,64) e 2009 (REMQ = 38,40), respectivamente, indicando menores diferenças entre as métricas desses anos em relação aos demais (**Tabela 25**). De modo, que os anos que possuem maiores valores de REMQ, indicam maiores diferenças entre as métricas em relação aos demais, como no ano de 2008 (REMQ = 56,94), seguidamente, dos anos 2010 (REMQ = 51,97), 2006 (REMQ = 47,14), 2005 (REMQ = 44,25), 2000 (REMQ = 43,54), 2001 (REMQ = 43,38) (**Tabela 25**). Os anos que possuíram maiores índices de precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) dos dados estimados pelo TRMM (P2) foram os anos 2004, 2003 e 2002, respectivamente, e os menores índices foram nos anos 2010, 2008 e 2006, respectivamente (**Tabela 25**).

A **Figura 19** representa a dispersão estabelecida entre os dados totais mensais de precipitação pluviométrica, ao longo da série histórica, do satélite TRMM e da estação pluviométrica.

**Figura 19** – Diagrama de dispersão "Monte Carmelo" (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022)

No diagrama de dispersão (**Figura 19**), é possível analisar que pela ascendência da reta, existe uma correlação linear positiva entre os dados, bem como, um grau de associação das variáveis pela proximidade dos pontos da linha de tendência.

A **Tabela 26** representa o resultado quantitativo da média de precipitação pluviométrica mensal (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Estrela do Sul” (**Tabela 2**) e pelo ponto TRMM (P3) (**Tabela 10**), nos meses do ano, no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010.

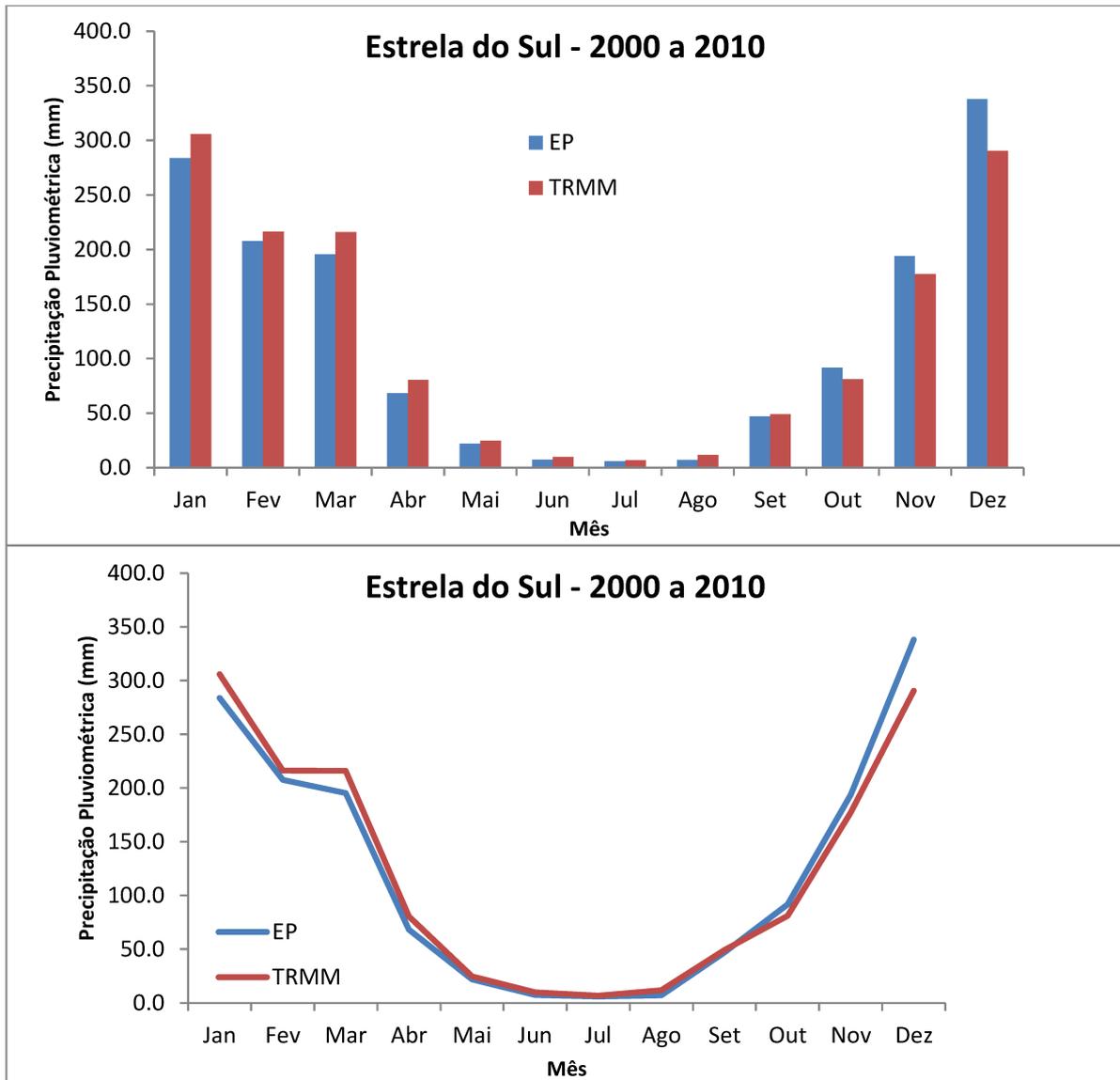
**Tabela 26** – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica “Estrela do Sul”.

Período	Média		Máxima		Mínima		
	Registro	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
Janeiro		283,9	305,9	651,9	513,4	147,9	165,4
Fevereiro		207,6	216,3	375,1	383,4	74,2	83,5
Março		195,4	216,0	266,8	318,4	87,9	59,3
Abril		68,4	80,5	108,6	173,7	21,3	28,1
Maio		21,9	24,7	36,8	54,3	0,0	0,7
Junho		7,3	10,0	24,0	38,4	0,0	0,4
Julho		6,0	6,8	37,8	35,3	0,0	0,0
Agosto		7,2	11,9	31,1	38,6	0,0	0,0
Setembro		47,0	49,3	140,6	91,5	0,3	5,5
Outubro		91,8	81,1	169,4	162,6	31,7	46,7
Novembro		194,0	177,4	417,5	302,3	70,1	78,2
Dezembro		338,1	290,5	476,8	419,3	219,2	182,7

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A distribuição temporal da precipitação pluvial média mensal no período de 2000 a 2010, para ambas as fontes de dados, mostraram que as estimativas de precipitação do ponto (P3) do satélite TRMM apresentam consideráveis similaridade com os dados observados da estação pluviométrica de “Estrela do Sul” (**Figura 20**).

**Figura 20** – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica "Estrela do Sul" (2000-2010)



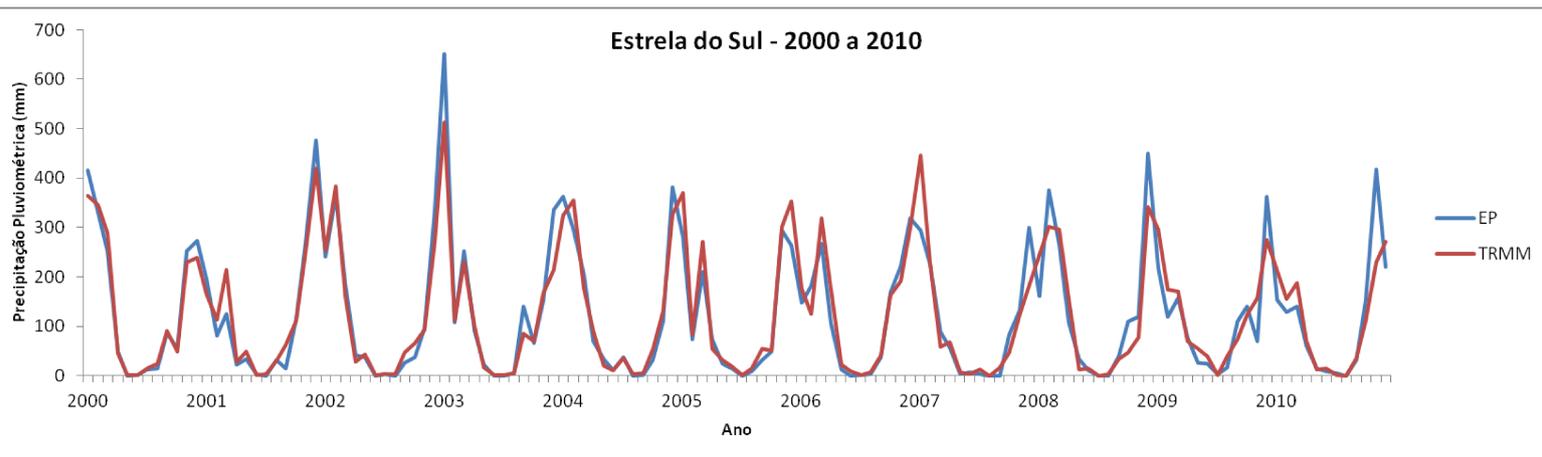
Elaboração: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica obtida pela estação pluviométrica “Estrela do Sul” teve maior amplitude nos dados (651,9 mm/mês), com valor máximo superior em relação ao ponto TRMM (P3) (513,4 mm/mês) (**Tabela 26**). A precipitação pluviométrica média mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto foram menores para ambos meios de medição, sendo esse, o período menos chuvoso (**Tabela 26**). Os meses mais chuvosos de acordo com os dados da estação pluviométrica “Estrela do Sul” e da estimativa do ponto TRMM (P3) foram os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (**Tabela 26**).

Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média mensal estimada correspondeu de dezembro, com média de 338,1 mm, e a menor ao mês de julho com média

de 6,0 mm. Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P3), o maior valor médio ocorreu no mês de janeiro (305,9 mm), e o menor, também ocorreu no mês de julho (6,8 mm). A **Figura 21** representa a distribuição total de precipitação pluvial mensal (mm) de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

**Figura 21** – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P3) e Estação Pluviométrica "Estrela do Sul"



Elaboração: O autor (2022)

Ao analisar A **Figura 21** é notável a considerável similaridade entre a distribuição temporal dos dados estimados pelo satélite TRMM (P3) e pela estação pluviométrica “Estrela do Sul”. A **Tabela 27** representa o resultado da análise da média de precipitação pluviométrica anual (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Estrela do Sul” e estimada pelo ponto TRMM (P3) no intervalo de 2000 a 2010.

**Tabela 27** – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica “Estrela do Sul”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2000	145,2	141,1	416,2	365,1	0,0	0,6
2001	113,9	120,5	476,8	419,3	0,0	1,2
2002	113,9	112,6	365,0	383,4	0,0	0,4
2003	151,9	126,7	651,9	513,4	0,0	0,8
2004	128,2	127,7	382,1	355,7	0,0	3,3
2005	110,6	134,0	294,0	370,6	0,0	2,1
2006	122,1	127,2	317,9	318,4	0,0	0,8

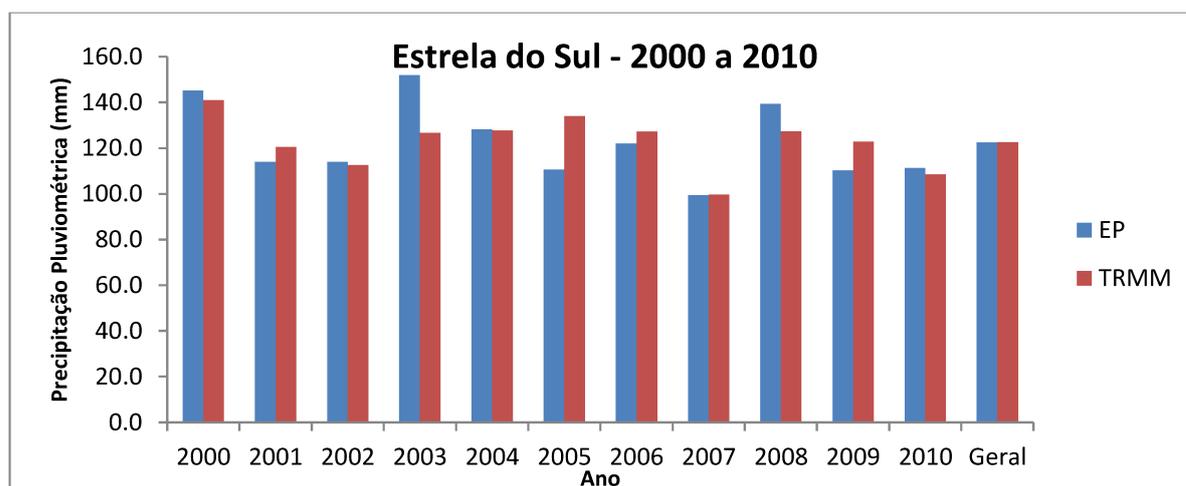
Continua...

Período	Conclusão						
	Média		Máxima		Mínima		
	Registro	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2007		99,4	99,6	300,4	446,3	0,0	0,0
2008		139,3	127,4	449,9	341,7	0,0	0,0
2009		110,3	122,8	363,0	296,1	2,4	1,9
2010		111,3	108,5	417,5	271,8	0,0	0,0
Geral		122,4	122,5	651,9	513,4	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A **Figura 22** representa uma considerável similaridade das médias anuais de ambos meios de medição, bem como, a média geral (Geral).

**Figura 22** – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica "Estrela do Sul" (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica média anual do ano de 2007 (99,4 mm/ano) foi a menor tanto na estação quanto no ponto TRMM (99,6 mm/ano), sendo esse, considerado o ano menos chuvoso (**Tabela 27**). Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média anual estimada correspondeu ao ano de 2003 (151,9 mm/ano). Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P3), o maior valor médio ocorreu no ano de 2000 (141,1 mm/ano) (**Tabela 27**). A média de precipitação pluviométrica geral, considerando as médias totais dos dados conjuntamente da série histórica, foi de 122,4 mm para a estação pluviométrica e 122,5 mm para o ponto TRMM (P3) (**Tabela 27**).

Os resultados da análise estatística entre os dados de precipitação pluviométrica estimada pelo ponto TRMM (P3) e os dados observados na estação pluviométrica de “Estrela do Sul” mostraram que as estimativas do produto 3B43 do TRMM apresentam uma alta e

significativa correlação com os dados observados da estação pluviométrica em questão (**Tabela 28**).

**Tabela 28** – Análise estatística do Ponto TRMM (P3) e Estação pluviométrica “Estrela do Sul”.

Correlação - Ponto TRMM (P3) e Estação Pluviométrica “Estrela do Sul”												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Geral
<b>r</b>	0,99	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,95	0,89	0,94	0,88	0,85	0,94
<b>d</b>	0,99	0,98	0,99	0,97	0,99	0,97	0,98	0,94	0,96	0,93	0,91	0,97
<b>c</b>	0,98	0,95	0,98	0,95	0,97	0,96	0,93	0,83	0,90	0,82	0,77	0,91
<b>EM</b>	-4,15	6,53	-1,37	-25,19	-0,46	23,39	5,15	0,21	-11,94	12,49	-2,83	0,17
<b>REMQ</b>	22,30	36,64	23,55	56,25	29,24	41,54	32,84	57,67	52,35	48,34	62,28	44,21

Elaboração: O autor (2022).

Considerando os dados referentes de toda série histórica conjuntamente (Geral), o coeficiente de correlação “r” de 0,94 (**Tabela 28**), indica uma “perfeita” correlação dos dados estimados pelo ponto TRMM (P3) em relação aos dados da estação pluviométrica de “Estrela do Sul”, seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**), ao longo dos 11 anos, indicando uma boa precisão entre os mesmos. O índice de concordância “d” (Geral) foi de 0,97, indicando uma boa exatidão entre os dados. O índice de desempenho “c” (Geral) foi de 0,91, indicando um “Ótimo” desempenho do método, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) (**Tabela 19**). O Erro Médio “EM” (Geral) foi de 0,17, indicando baixa tendência do TRMM de superestimar, no geral, a precipitação mensal nessa localidade (**Tabela 28**).

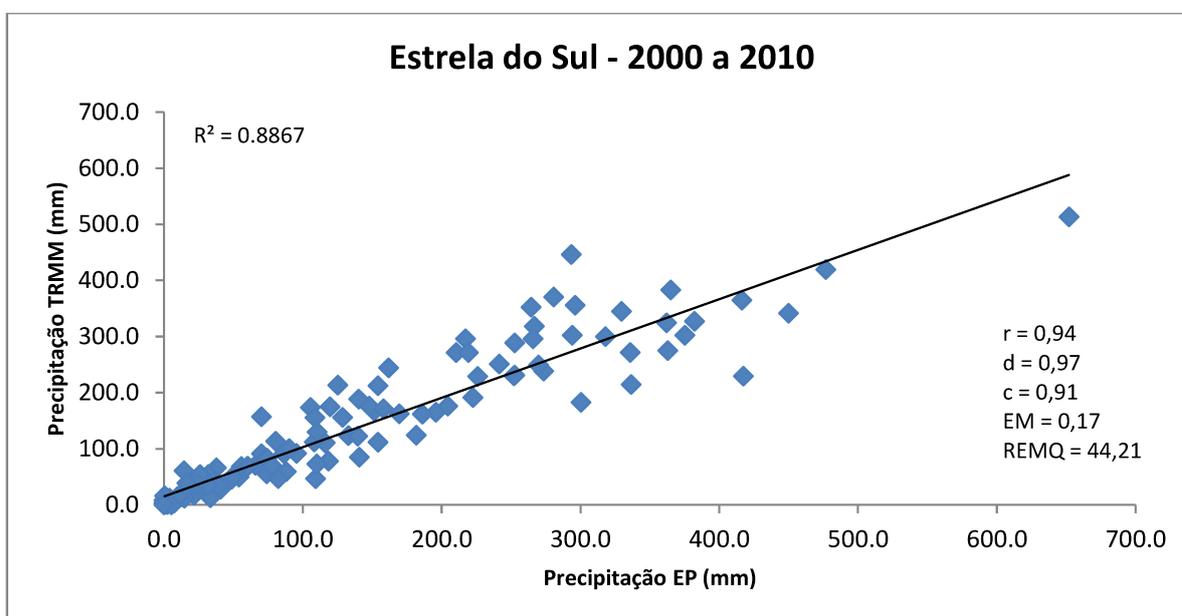
Além disso, os anos de 2000, 2002, 2003, 2004, 2008 e 2010 apresentaram o Erro Médio (EM) negativo, o que indica a tendência do satélite TRMM de subestimar a precipitação mensal nesses anos (**Tabela 28**). Os anos 2001, 2005, 2006, 2007 e 2009 apresentaram o Erro Médio positivo, o que indica maior tendência do TRMM de superestimar a precipitação nesses anos (**Tabela 28**). Os menores valores de EM ocorreram nos anos de 2007 (EM = 0,21) e 2004 (-0,46) e os maiores valores nos anos de 2003 (EM = -25,19) e 2005 (EM = 23,39) (**Tabela 28**).

Em relação ao REMQ, o ano de 2000 possuiu o menor valor (REMQ = 22,30), seguidamente dos anos 2002 (REMQ = 23,55), 2004 (REMQ = 29,24), 2006 (REMQ = 32,84) e 2001 (REMQ = 36,64), respectivamente, indicando menores diferenças entre as métricas desses anos em relação aos demais (**Tabela 28**). De modo, que os anos que possuem maiores valores de REMQ, indicam maiores diferenças entre as métricas em relação aos

demais, como no ano de 2010 (REMQ = 62,28), seguidamente, dos anos 2007 (REMQ = 57,67), 2003 (REMQ = 56,25), 2008 (REMQ = 52,35), 2009 (REMQ = 48,34) e 2005 (REMQ = 41,54) (**Tabela 28**). Os anos que possuíram maiores índices de precisão ( $r$ ), exatidão ( $d$ ) e desempenho ( $c$ ) dos dados estimados pelo TRMM (P3) foram os anos 2000, 2002 e 2004, respectivamente, e os anos que possuíram menores índices foram os anos de 2010, 2009 e 2007, respectivamente (**Tabela 28**).

A **Figura 23** representa a dispersão estabelecida entre os dados totais mensais de precipitação pluviométrica, ao longo da série histórica, do satélite TRMM e da estação pluviométrica.

**Figura 23** – Diagrama de dispersão “Estrela do Sul” (2000 – 2010).



Elaboração: O autor (2022).

No diagrama de dispersão (**Figura 23**), é possível analisar que pela ascendência da reta, existe uma correlação linear positiva entre os dados, bem como, um grau de associação das variáveis pela proximidade dos pontos da linha de tendência.

A **Tabela 29** representa o resultado quantitativo da média de precipitação pluviométrica mensal (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Abadia dos Dourados” (**Tabela 2**) e pelo ponto TRMM (P4) (**Tabela 10**), nos meses do ano, no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010.

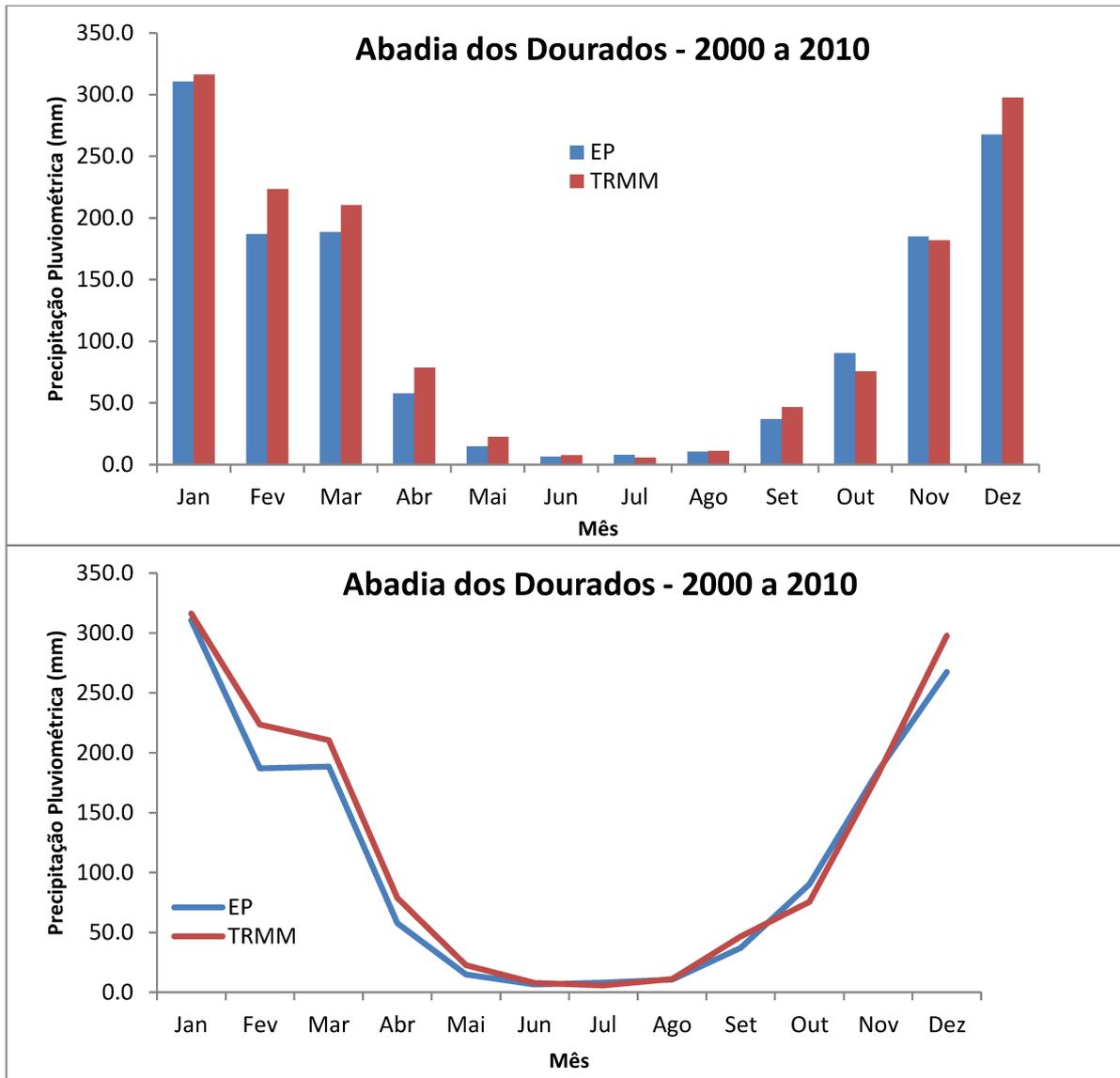
**Tabela 29** – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P4) e Estação Pluviométrica “Abadia dos Dourados”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
Janeiro	310,6	316,2	580,2	499,1	89,9	159,4
Fevereiro	187,0	223,6	360,1	395,1	58,7	84,8
Março	188,5	210,5	337,1	289,4	19,2	53,2
Abril	57,8	78,8	143,9	164,6	14,3	30,0
Mai	14,8	22,6	40,1	69,7	0,0	0,6
Junho	6,5	7,8	47,0	32,3	0,0	0,5
Julho	8,1	5,7	30,0	29,7	0,0	0,0
Agosto	10,7	11,1	43,0	32,4	0,0	0,0
Setembro	37,0	46,6	65,2	86,8	1,0	4,6
Outubro	90,4	75,6	276,0	165,9	25,5	35,2
Novembro	184,8	182,0	344,8	300,0	60,3	90,9
Dezembro	267,5	297,7	394,6	415,2	133,4	214,3

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A distribuição temporal da precipitação pluvial média mensal no período de 2000 a 2010, para ambas as fontes de dados, mostraram que as estimativas de precipitação do ponto (P4) do satélite TRMM apresentam consideráveis similaridade com os dados observados da estação pluviométrica de “Abadia dos Dourados” (**Figura 24**).

**Figura 24** – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P4) e Estação pluviométrica “Abadia dos Dourados” (2000-2010).

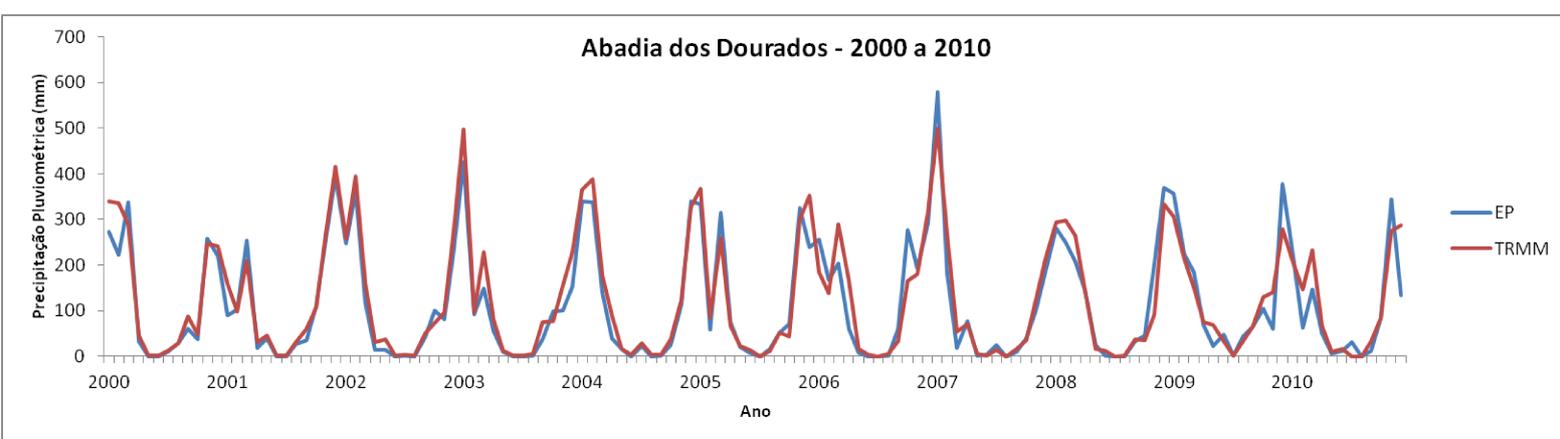


Elaboração: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica obtida pela estação pluviométrica “Abadia dos Dourados” teve maior amplitude nos dados (580,2 mm/mês), com valor máximo superior em relação ao ponto TRMM (P4) (499,1 mm/mês) (**Tabela 29**). A precipitação pluviométrica média mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto foram menores para ambos os meios de medição, sendo esse, o período menos chuvoso (**Tabela 29**). Os meses mais chuvosos de acordo com os dados da estação pluviométrica “Abadia dos Dourados” e da estimativa do ponto TRMM (P4) foram os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (**Tabela 29**).

Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média mensal estimada correspondeu ao mês de janeiro, com média de 310,6 mm, e a menor ao mês de junho com média de 6,5 mm. Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P4), o maior valor médio ocorreu ao mês de janeiro (316,2 mm), e a menor, ocorreu no mês de julho (5,7 mm). A **Figura 25** representa a distribuição total de precipitação pluvial mensal (mm) de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

**Figura 25** – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P4) e Estação Pluviométrica “Abadia dos Dourados”.



Elaboração: O autor (2022).

Ao analisar a **Figura 25** é notável a considerável similaridade entre a distribuição temporal dos dados estimados pelo satélite TRMM (P4) e pela estação pluviométrica “Abadia dos Dourados”. A **Tabela 30** representa o resultado da análise da média de precipitação pluviométrica anual (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Abadia dos Dourados” e estimada pelo ponto TRMM (P4) no intervalo de 2000 a 2010.

**Tabela 30** – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P4) e Estação Pluviométrica “Abadia dos Dourados”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2000	123,4	139,7	337,1	338,8	0,0	0,5
2001	110,6	118,8	394,6	415,2	0,0	1,5
2002	101,1	115,2	360,1	395,1	0,0	0,5
2003	93,6	121,5	425,7	497,3	0,0	0,5
2004	114,6	130,4	339,7	387,9	0,0	2,9
2005	126,0	131,4	332,9	368,0	0,0	0,0

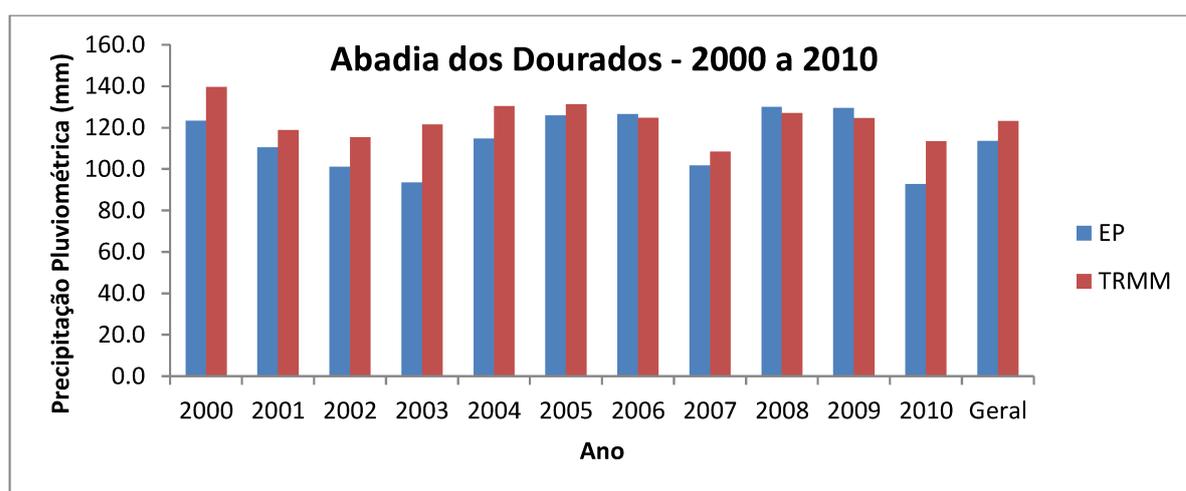
Continua...

Período	Média		Máxima		Mínima		
	Registro	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2006		126,6	124,8	292,0	317,0	0,0	0,2
2007		101,8	108,4	580,2	499,1	0,0	0,0
2008		129,9	127,0	369,0	332,7	0,0	0,2
2009		129,5	124,5	377,4	306,7	2,0	1,2
2010		92,9	113,5	344,8	287,2	0,0	0,0
Geral		113,6	123,2	580,2	499,1	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A **Figura 26** representa uma considerável similaridade das médias anuais de ambos meios de medição, bem como, a média geral (Geral).

**Figura 26** – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P4) e Estação pluviométrica “Abadia dos Dourados” (2000-2010).



Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica média anual do ano de 2010 (92,9 mm/ano) foi a menor na estação pluviométrica. No ponto TRMM (P4), a menor média anual ocorreu no ano de 2007 (108,4 mm/ano), sendo esses, os anos menos chuvosos, para ambos os meios de medição (**Tabela 30**). Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média anual estimada correspondeu ao ano de 2008 (129,9 mm/ano). Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P4), o maior valor médio ocorreu no ano de 2000 (139,7 mm/ano) (**Tabela 30**). A média de precipitação pluviométrica geral, considerando as médias totais dos dados conjuntamente da série histórica, foi de 113,6 mm para a estação pluviométrica e 123,2 mm para o ponto TRMM (P4) (**Tabela 30**).

Os resultados da análise estatística entre os dados de precipitação pluviométrica estimada pelo ponto TRMM (P4) e os dados observados na estação pluviométrica de “Abadia dos Dourados” mostraram que as estimativas do produto 3B43 do TRMM apresentam uma alta e significativa correlação com os dados observados da estação pluviométrica em questão (**Tabela 31**).

**Tabela 31** – Análise estatística do Ponto TRMM (P4) e Estação pluviométrica “Abadia dos Dourados”.

Correlação - Ponto TRMM (P4) e Estação Pluviométrica “Abadia dos Dourados”												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Geral
<b>r</b>	0,96	0,98	0,99	0,98	0,99	0,96	0,87	0,97	0,95	0,95	0,85	0,95
<b>d</b>	0,97	0,99	0,99	0,97	0,99	0,98	0,93	0,98	0,97	0,96	0,91	0,97
<b>c</b>	0,93	0,97	0,98	0,95	0,98	0,94	0,81	0,96	0,92	0,91	0,77	0,92
<b>EM</b>	16,30	8,39	14,18	27,89	15,73	5,41	-1,83	6,55	-2,90	-4,97	20,61	9,57
<b>REMQ</b>	41,87	26,49	24,17	43,53	24,84	40,00	56,22	37,31	40,69	43,77	61,47	41,62

Elaboração: O autor (2022)

Considerando os dados referentes de toda série histórica conjuntamente (Geral) o coeficiente de correlação “r” de 0,95 (**Tabela 31**) indica uma “perfeita” correlação dos dados estimados pelo ponto TRMM (P4) em relação aos dados da estação pluviométrica de “Estrela do Sul”, seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**), ao longo dos 11 anos, indicando uma boa precisão entre os mesmos. O índice de concordância “d” (Geral) foi de 0,97, indicando uma boa exatidão entre os dados. O índice de desempenho “c” (Geral) foi de 0,92, indicando um “Ótimo” desempenho do método, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) (**Tabela 19**). O Erro Médio “EM” (Geral) foi positivo, de 9,57, indicando baixa tendência do TRMM de superestimar, no geral, a precipitação mensal nessa localidade (**Tabela 31**).

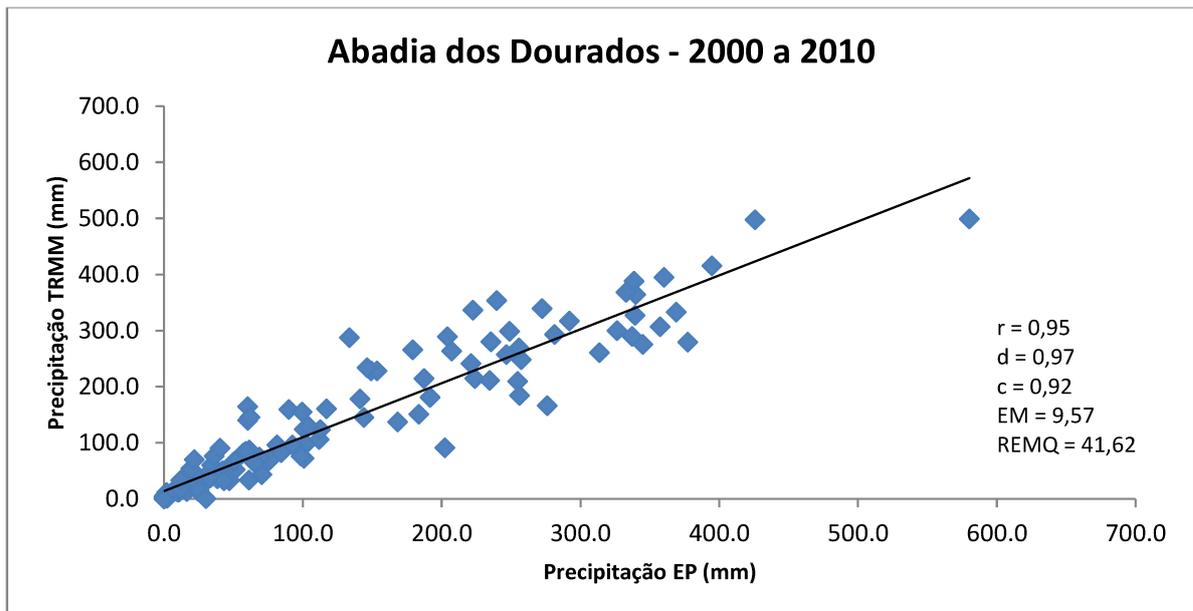
Além disso, os anos de 2006, 2008 e 2009 apresentaram o Erro Médio (EM) negativo, o que indica a tendência do satélite TRMM de subestimar a precipitação mensal nesses anos. Os anos 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007 e 2010 apresentaram o Erro Médio positivo, o que indica maior tendência do TRMM de superestimar a precipitação nesses anos. Os menores valores de EM ocorreram nos anos de 2006 e 2008 e os maiores valores nos anos de 2003 e 2010 (**Tabela 31**).

Em relação ao REMQ, o ano de 2002 possuiu o menor valor (REMQ = 24,17), seguidamente dos anos 2004 (REMQ = 24,84), 2001 (REMQ = 26,49) e 2007 (REMQ = 37,31), respectivamente, indicando menores diferenças entre as métricas desses anos em

relação aos demais (**Tabela 31**). De modo, que os anos que possuem maiores valores de REMQ, indicam maiores diferenças entre as métricas em relação aos demais, como no ano de 2010 (REMQ = 61,47), seguidamente, dos anos 2006 (REMQ = 56,22), 2009 (REMQ = 43,77), 2003 (REMQ = 43,53), 2000 (REMQ = 41,87), 2008 (REMQ = 40,69), 2005 (REMQ = 40,00) (**Tabela 31**). Os anos que possuíram maiores índices de precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) dos dados estimados pelo TRMM (P4) foram os anos de 2002 e 2004 e os menores índices foram nos anos de 2010 e 2006, respectivamente (**Tabela 31**).

A **Figura 27** representa a dispersão estabelecida entre os dados totais mensais de precipitação pluviométrica, ao longo da série histórica, do satélite TRMM (P4) e da estação pluviométrica “Abadia dos Dourados”.

**Figura 27** – Diagrama de dispersão “Abadia dos Dourados” (2000 – 2010).



Elaboração: O autor (2022).

No diagrama de dispersão (**Figura 27**), é possível analisar que pela ascendência da reta, existe uma correlação linear positiva entre os dados, bem como, um grau de associação das variáveis pela proximidade dos pontos da linha de tendência.

A **Tabela 32** representa o resultado quantitativo da média de precipitação pluviométrica mensal (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Cascalho Rico” (**Tabela 2**) e pelo ponto TRMM (P5) (**Tabela 10**), nos meses do ano, no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010.

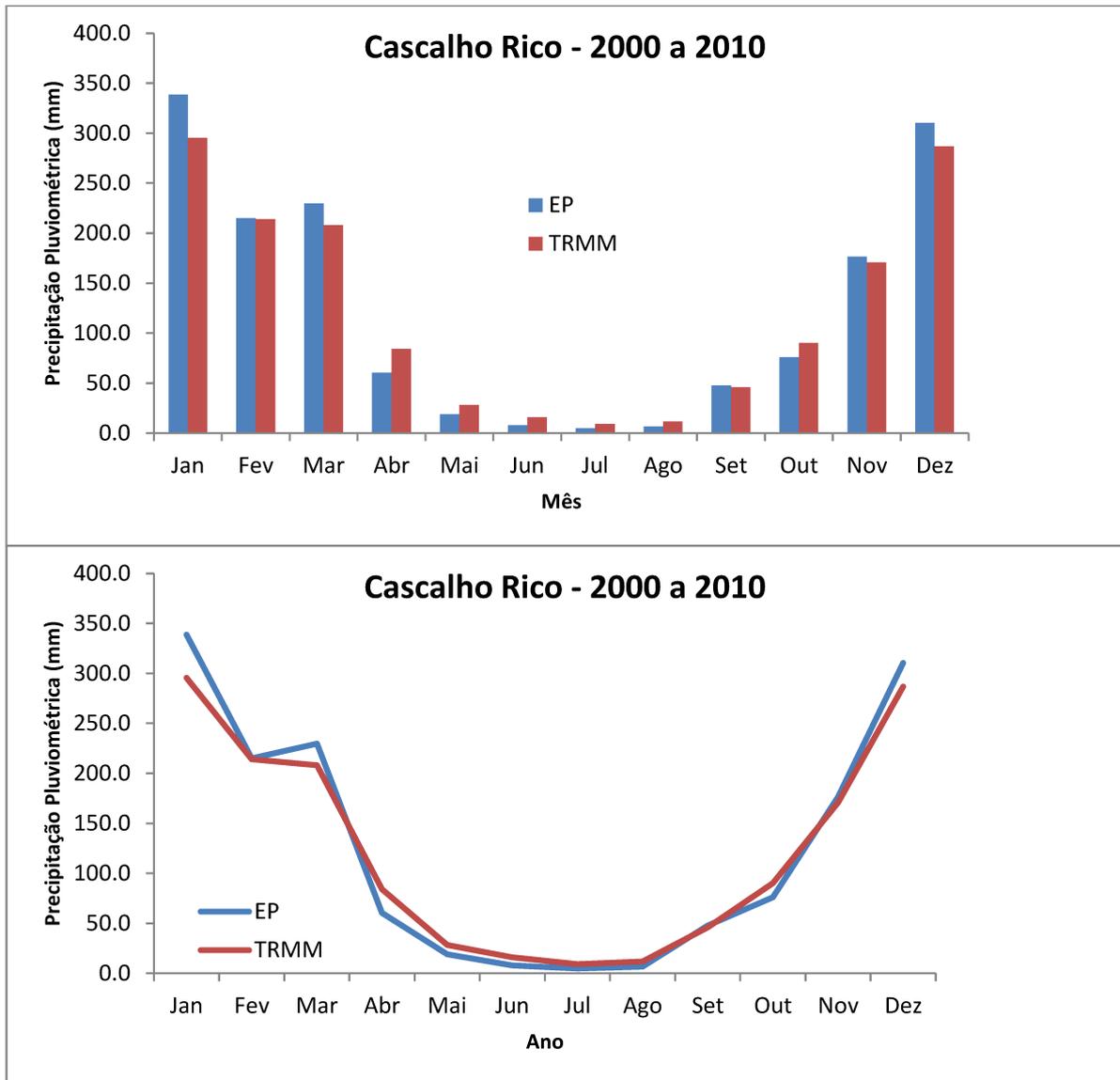
**Tabela 32** – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P5) e Estação Pluviométrica “Cascalho Rico”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
Janeiro	338,7	295,6	816,4	481,7	137,8	160,3
Fevereiro	214,9	214,1	458,4	394,1	54,4	86,2
Março	229,6	208,0	347,4	308,5	105,6	75,4
Abril	60,3	84,1	164,9	188,3	3,5	24,5
Mai	19,1	28,3	55,2	63,4	0,0	0,3
Junho	7,8	15,9	50,7	62,5	0,0	0,2
Julho	4,7	9,1	27,6	32,7	0,0	0,0
Agosto	6,6	11,8	28,4	37,3	0,0	0,0
Setembro	47,6	46,0	131,9	89,0	0,0	6,8
Outubro	76,0	90,2	190,9	236,1	18,4	45,2
Novembro	176,7	170,9	297,7	276,7	54,8	55,4
Dezembro	310,5	286,7	422,7	412,6	201,8	183,4

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A distribuição temporal da precipitação pluvial média mensal no período de 2000 a 2010, para ambas as fontes de dados, mostraram que as estimativas de precipitação do ponto (P5) do satélite TRMM apresentam consideráveis similaridade com os dados observados da estação pluviométrica de “Cascalho Rico” (**Figura 28**).

**Figura 28** – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P5) e Estação pluviométrica “Cascalho Rico” (2000-2010)



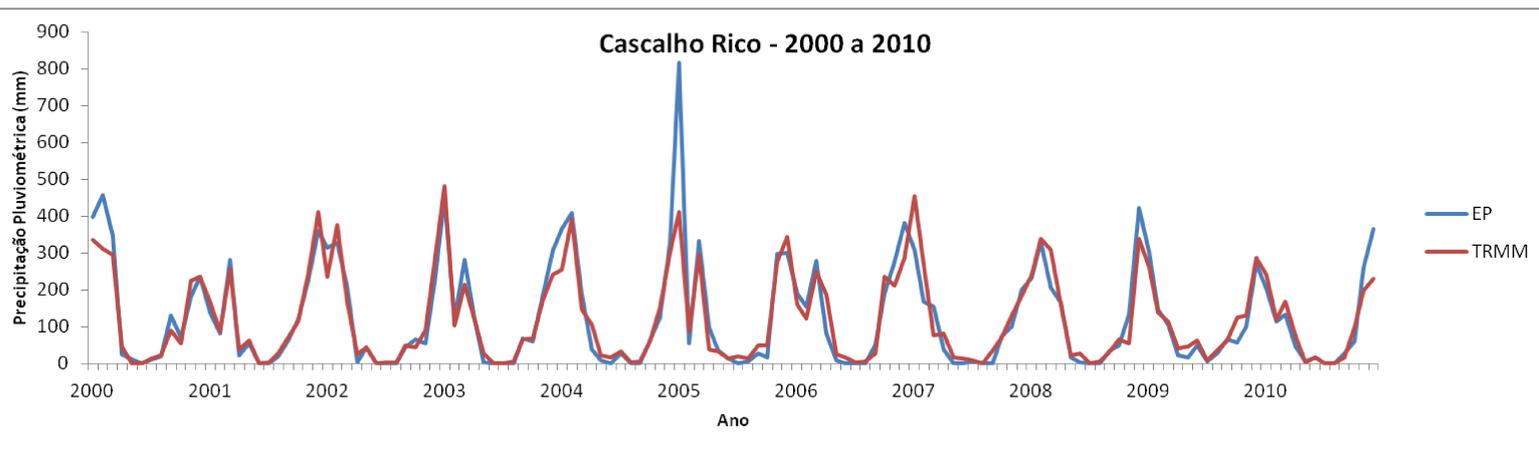
Elaboração: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica obtida pela estação pluviométrica “Cascalho Rico” teve maior amplitude nos dados (816,4 mm/mês), com valor máximo superior em relação ao ponto TRMM (P5) (481,7 mm/mês) (**Tabela 32**). A precipitação pluviométrica média mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto foram menores para ambos meios de medição, sendo esse, o período menos chuvoso (**Tabela 32**). Os meses mais chuvosos de acordo com os dados da estação pluviométrica “Cascalho Rico” e da estimativa do ponto TRMM (P5) foram os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (**Tabela 32**).

Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média mensal estimada correspondeu ao mês de janeiro, com média de 338,7 mm, e a menor ao mês de julho com

média de 4,7 mm. Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P5), o maior valor médio ocorreu ao mês de janeiro (295,6 mm), e o menor também ocorreu no mês de julho (9,1 mm). A **Figura 29** representa a distribuição total de precipitação pluvial mensal (mm) de janeiro de 2000 a Dezembro 2010.

**Figura 29** - Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P5) e Estação Pluviométrica “Cascalho Rico”



Ao analisar a **Figura 29** é notável a considerável similaridade entre a distribuição temporal dos dados estimados pelo satélite TRMM (P5) e pela estação pluviométrica “Cascalho Rico”. A **Tabela 33** representa o resultado da análise da média de precipitação pluviométrica anual (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Cascalho Rico” e estimada pelo ponto TRMM (P5) no intervalo de 2000 a 2010.

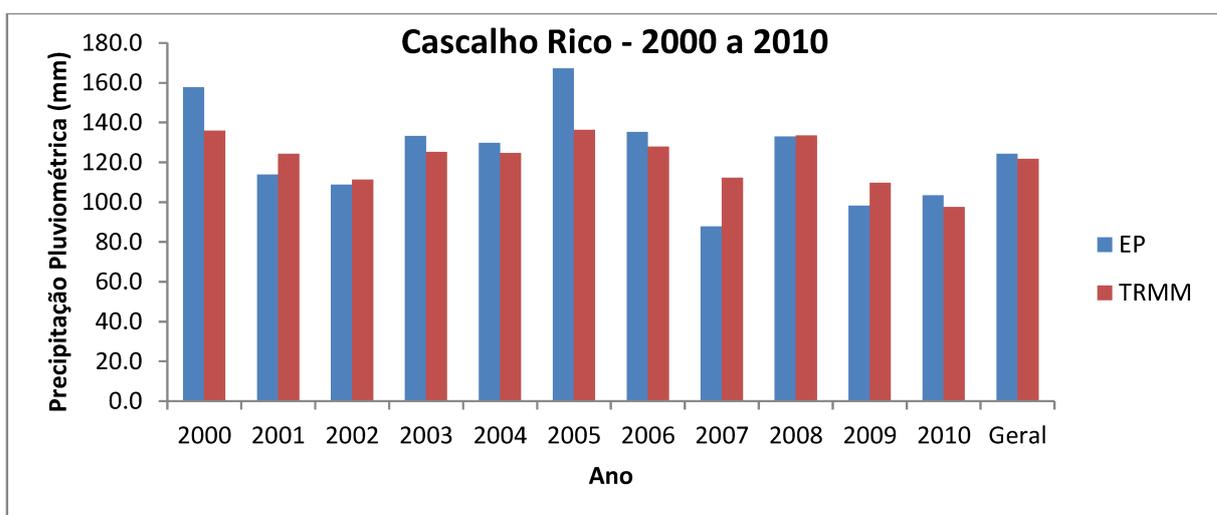
**Tabela 33** – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P5) e Estação Pluviométrica “Cascalho Rico”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2000	157,8	135,9	458,4	337,2	0,0	0,2
2001	113,9	124,3	359,5	412,6	0,0	1,9
2002	108,8	111,3	327,6	377,5	0,0	0,5
2003	133,3	125,3	451,9	481,7	0,0	1,1
2004	129,7	124,7	409,7	394,1	0,0	3,7
2005	167,1	136,3	816,4	412,3	0,0	14,6
2006	135,2	127,9	382,2	286,1	0,0	3,6
2007	87,8	112,3	309,2	455,6	0,0	1,2
2008	133,0	133,5	422,7	339,8	0,0	1,1
2009	98,1	109,8	303,5	287,2	7,1	7,9
2010	103,5	97,6	366,5	240,2	0,0	0,0
Geral	124,4	121,7	816,4	481,7	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A **Figura 30** representa a considerável similaridade das médias anuais de ambos meios de medição, bem como, a média geral (Geral).

**Figura 30** – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P5) e Estação pluviométrica “Cascalho Rico” (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica média anual do ano de 2007 (87,8 mm/ano) foi a menor na estação pluviométrica. No ponto TRMM (P5), a menor média anual ocorreu no ano de

2010 (97,6 mm/ano), sendo esses, os anos menos chuvosos, para ambos os meios de medição (**Tabela 33**). Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média anual estimada correspondeu ao ano de 2005 (167,1 mm/ano). Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P5), o maior valor médio também ocorreu no ano de 2005 (136,3 mm/ano) (**Tabela 33**). A média de precipitação pluviométrica geral, considerando as médias totais dos dados conjuntamente da série histórica, foi de 124,4 mm para a estação pluviométrica e 121,7 mm para o ponto TRMM (P5) (**Tabela 33**).

Os resultados da análise estatística entre os dados de precipitação pluviométrica estimada pelo ponto TRMM (P5) e os dados observados na estação pluviométrica de “Cascalho Rico” mostraram que as estimativas do produto 3B43 do TRMM apresentam uma alta e significativa correlação com os dados observados da estação pluviométrica em questão (**Tabela 34**).

**Tabela 34** – Análise estatística do Ponto TRMM (P5) e Estação pluviométrica “Cascalho Rico”.

Correlação - Ponto TRMM (P5) e Estação Pluviométrica “Cascalho Rico”												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Geral
<b>r</b>	0,97	0,99	0,96	0,98	0,97	0,91	0,92	0,92	0,94	0,97	0,92	0,92
<b>d</b>	0,97	0,99	0,98	0,99	0,98	0,89	0,95	0,93	0,97	0,98	0,94	0,95
<b>c</b>	0,94	0,98	0,93	0,97	0,95	0,81	0,88	0,85	0,92	0,94	0,86	0,88
<b>EM</b>	-21,83	10,40	2,54	-7,99	-5,02	-30,80	-7,36	24,53	0,48	11,69	-5,94	-2,66
<b>REMQ</b>	52,19	21,01	36,29	30,50	41,82	120,35	50,57	60,22	45,21	27,27	47,78	54,69

Elaboração: O autor (2022)

Considerando os dados referentes de toda série histórica conjuntamente (Geral) o coeficiente de correlação “r” de 0,92 (**Tabela 34**) indica uma “perfeita” correlação dos dados estimados pelo ponto TRMM (P5) em relação aos dados da estação pluviométrica de “Cascalho Rico”, seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**), ao longo dos 11 anos, indicando uma boa precisão entre os mesmos. O índice de concordância “d” (Geral) foi de 0,95, indicando uma boa exatidão entre os dados. O índice de desempenho “c” (Geral) foi de 0,88, indicando um “Ótimo” desempenho do método, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) (**Tabela 19**). O Erro Médio “EM” (Geral) foi negativo, de -2,66, indicando baixa tendência do TRMM de subestimar, no geral, a precipitação mensal nessa localidade (**Tabela 34**).

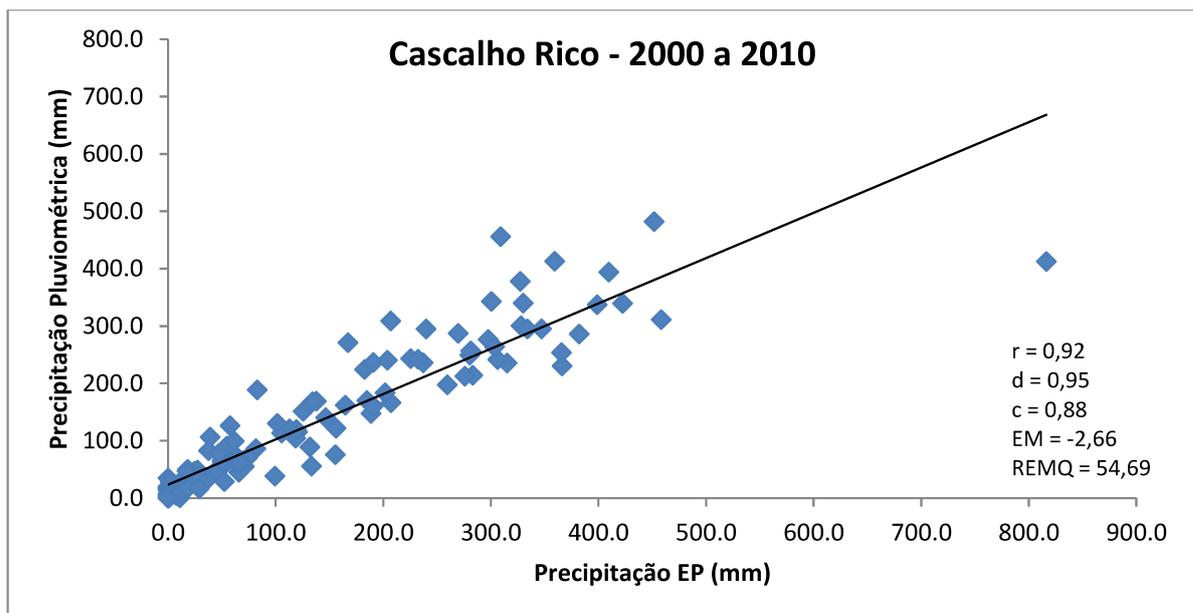
Além disso, os anos de 2000, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2010 apresentaram o Erro Médio (EM) negativo, o que indica a tendência do satélite TRMM de subestimar a

precipitação mensal nesses anos (**Tabela 34**). Os anos 2001, 2002, 2007, 2008 e 2009, apresentaram o Erro Médio positivo, o que indica maior tendência do TRMM de superestimar a precipitação nesses anos (**Tabela 34**). Os menores valores de EM ocorreram nos anos de 2008 e 2002, respectivamente, e os maiores valores nos anos de 2005, 2007 e 2000 (**Tabela 34**).

Em relação ao REMQ, o ano de 2001 possuiu o menor valor (REMQ = 21,01), seguidamente dos anos 2009 (REMQ = 27,27), 2003 (REMQ = 30,50) e 2002 (REMQ = 36,29), respectivamente, indicando menores diferenças entre as métricas desses anos em relação aos demais (**Tabela 34**). De modo, que os anos que possuem maiores valores de REMQ, indicam maiores diferenças entre as métricas em relação aos demais, como no ano de 2005 (REMQ = 120,35), seguidamente, dos anos 2007 (REMQ = 60,22), 2000 (REMQ = 52,19) e 2006 (REMQ = 50,57) (**Tabela 34**). Os anos que possuíram maiores índices de precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) dos dados estimados pelo TRMM (P5) foram os anos de 2001, 2003 e 2004, e os menores índices foram nos anos de 2005, 2007 e 2010 respectivamente (**Tabela 34**).

A **Figura 31** representa a dispersão estabelecida entre os dados totais mensais de precipitação pluviométrica, ao longo da série histórica, do satélite TRMM (P5) e da estação pluviométrica “Cascalho Rico”.

**Figura 31** – Diagrama de dispersão “Cascalho Rico” (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022).

No diagrama de dispersão (**Figura 31**), é possível analisar que pela ascendência da reta, existe uma correlação linear positiva entre os dados, bem como, um grau de associação das variáveis pela proximidade dos pontos da linha de tendência.

A **Tabela 35** representa o resultado quantitativo da média de precipitação pluviométrica mensal (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Coromandel” (**Tabela 2**) e pelo ponto TRMM (P6) (**Tabela 10**), nos meses do ano, no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010.

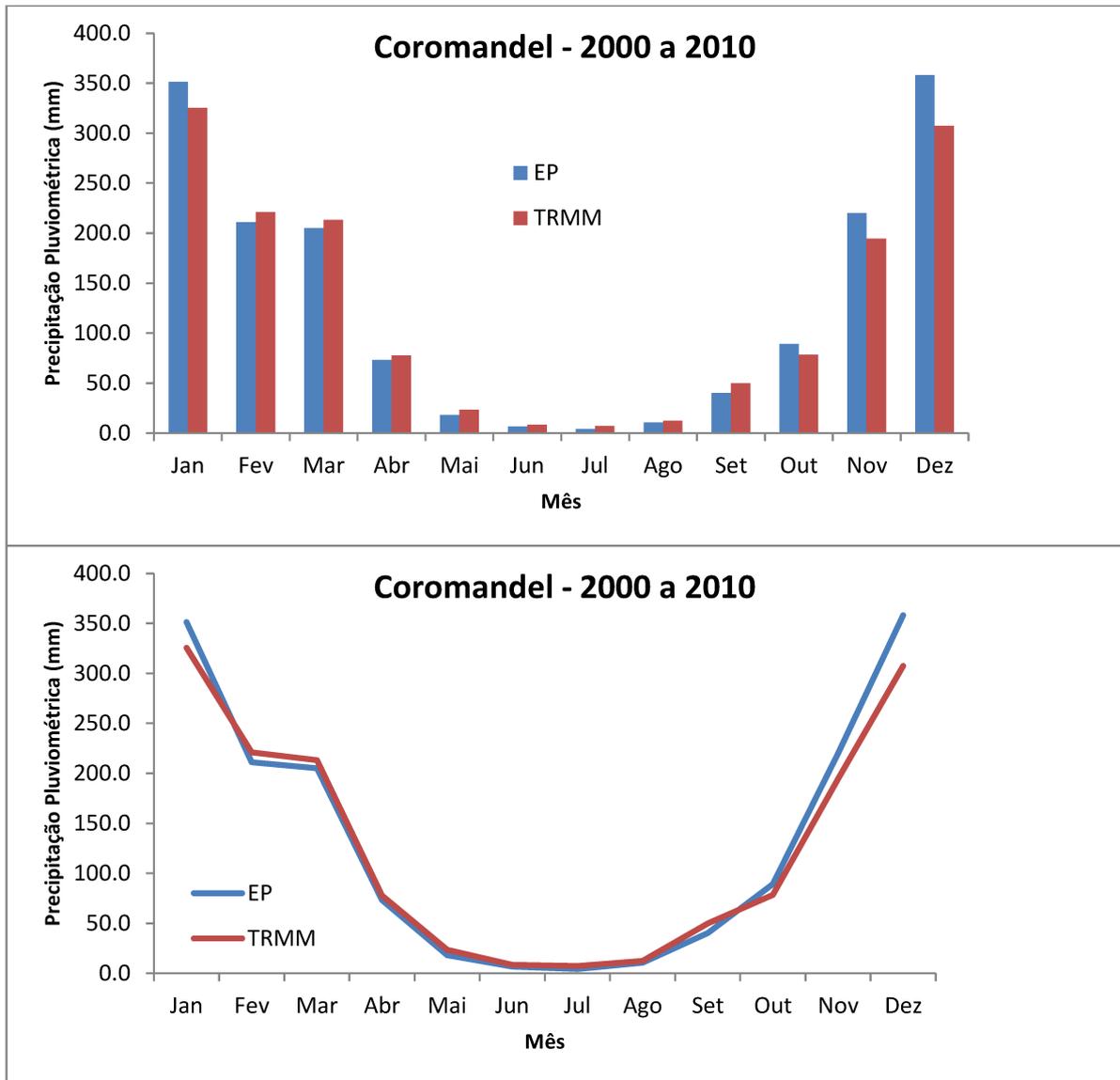
**Tabela 35** – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P6) e Estação Pluviométrica “Coromandel”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
Janeiro	351,4	325,6	680,1	504,9	124,0	170,6
Fevereiro	211,2	221,0	438,3	396,7	49,3	88,4
Março	205,0	213,3	280,9	317,4	49,9	57,5
Abril	73,2	77,8	216,0	158,5	21,9	26,5
Mai	18,2	23,3	60,7	73,2	0,0	0,8
Junho	6,6	8,5	45,7	39,8	0,0	0,5
Julho	4,2	7,2	24,9	33,5	0,0	0,5
Agosto	10,4	12,3	29,9	38,8	0,0	0,5
Setembro	40,4	49,9	95,0	84,7	505	4,8
Outubro	89,2	78,4	263,2	185,8	27,3	31,5
Novembro	220,2	194,7	506,0	314,4	32,0	99,2
Dezembro	358,2	307,5	567,5	398,4	194,0	219,4

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A distribuição temporal da precipitação pluvial média mensal no período de 2000 a 2010, para ambas as fontes de dados, mostraram que as estimativas de precipitação do ponto (P6) do satélite TRMM apresentam consideráveis similaridade com os dados observados da estação pluviométrica de “Coromandel” (**Figura 32**).

**Figura 32** – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P6) e Estação pluviométrica “Coromandel” (2000-2010)



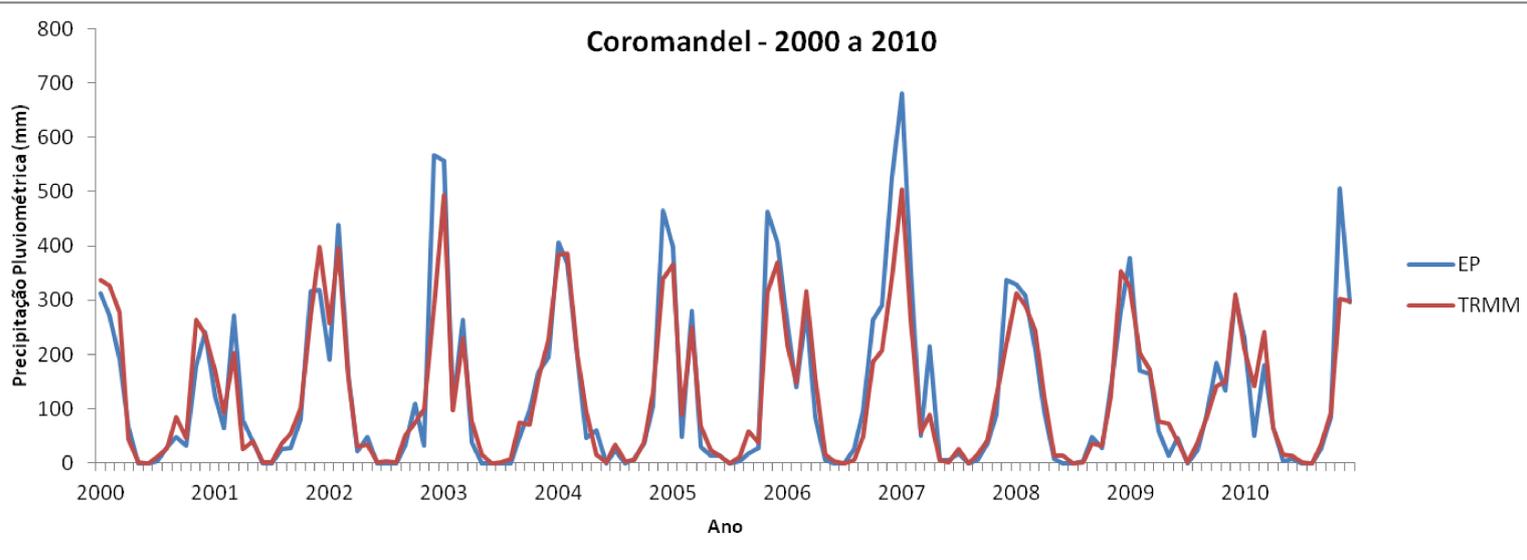
Elaboração: O autor (2022)

A precipitação pluviométrica obtida pela estação pluviométrica “Coromandel” teve maior amplitude nos dados (680,1 mm/mês), com valor máximo superior em relação ao ponto TRMM (P6) (504,9 mm/mês) (**Tabela 35**). A precipitação pluviométrica média mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto foram menores para ambos meios de medição, sendo esse, o período menos chuvoso (**Tabela 35**). Os meses mais chuvosos de acordo com os dados da estação pluviométrica “Coromandel” e da estimativa do ponto TRMM (P6) foram os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (**Tabela 35**).

Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média mensal estimada correspondeu ao mês de dezembro, com média de 358,2 mm, e a menor ao mês de julho com

média de 4,2 mm. Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P6), o maior valor médio ocorreu ao mês de janeiro (325,6 mm), e o menor também ocorreu no mês de julho (7,2 mm). A **Figura 33** representa a distribuição total de precipitação pluvial mensal (mm) de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

**Figura 33** – Precipitação pluvial mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P6) e Estação Pluviométrica “Coromandel”



Ao analisar a **Figura 33** é notável a considerável similaridade entre a distribuição temporal dos dados estimados pelo satélite TRMM (P6) e pela estação pluviométrica “Coromandel”. A **Tabela 36** representa o resultado da análise da média de precipitação pluviométrica anual (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Coromandel” e estimada pelo ponto TRMM (P6) no intervalo de 2000 a 2010.

**Tabela 36** – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P6) e Estação Pluviométrica “Coromandel”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2000	114,9	138,3	313,7	338,2	0,0	0,5
2001	112,5	116,3	319,1	398,4	0,0	1,5
2002	133,8	116,0	567,5	396,7	0,0	0,7
2003	122,8	121,1	557,0	494,5	0,0	0,6
2004	143,0	135,8	464,9	385,1	0,0	2,3

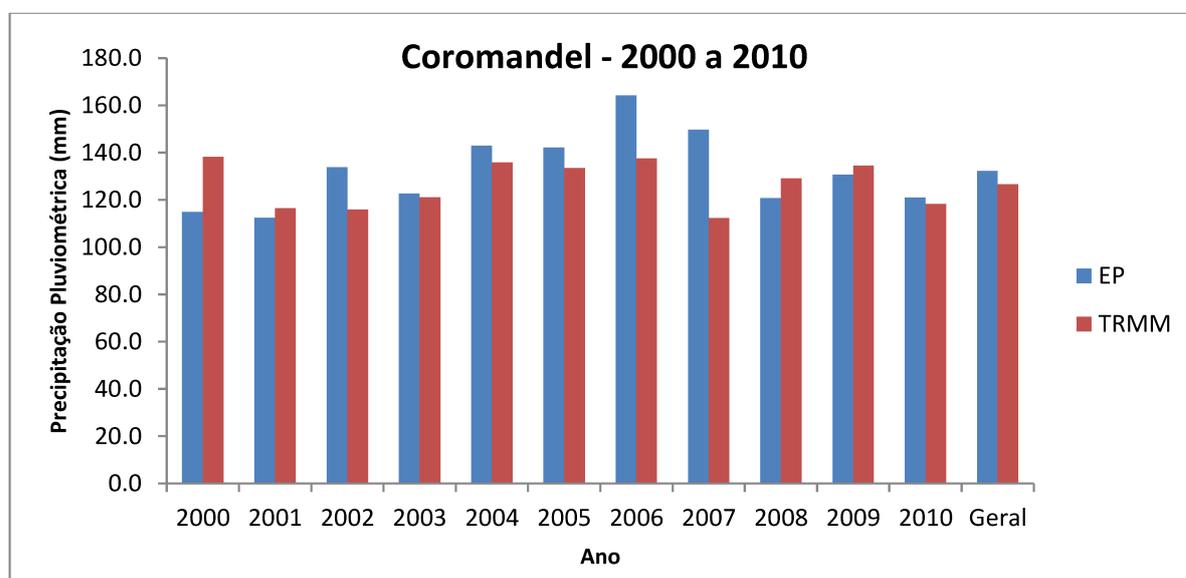
Continua...

Período	Média		Máxima		Mínima		Conclusão
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	
2005	142,1	133,6	463,8	370,4	0,0	0,0	
2006	164,3	137,6	526,9	340,7	0,0	0,3	
2007	149,7	112,3	680,1	504,9	0,0	0,0	
2008	120,9	129,1	328,4	353,7	0,0	0,1	
2009	130,7	134,5	378,4	324,3	0,4	0,9	
2010	121,0	118,3	506,0	303,0	0,0	0,0	
Geral	132,3	126,6	680,1	504,9	0,0	0,0	

Elaboração: O autor (2022)

A **Figura 34** representa a considerável similaridade das médias anuais de ambos meios de medição, bem como, a média geral (Geral).

**Figura 34** – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P6) e Estação pluviométrica “Coromandel” (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica média anual do ano de 2001 (112,5 mm/ano) foi a menor na estação pluviométrica. No ponto TRMM (P6), a menor média anual ocorreu no ano de 2007 (112,3 mm/ano), sendo esses, os anos menos chuvosos, para ambos os meios de medição (**Tabela 36**). Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média anual estimada correspondeu ao ano de 2006 (164,3 mm/ano). Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P6), o maior valor médio ocorreu no ano de 2000 (138,3 mm/ano) (**Tabela**

**36).** A média de precipitação pluviométrica geral, considerando as médias totais dos dados conjuntamente da série histórica, foi de 132,3 mm para a estação pluviométrica e 126,6 mm para o ponto TRMM (P6) (**Tabela 36**).

Os resultados da análise estatística entre os dados de precipitação pluviométrica estimada pelo ponto TRMM (P6) e os dados observados na estação pluviométrica de “Coromandel” mostraram que as estimativas do produto 3B43 do TRMM apresentam uma alta e significativa correlação com os dados observados da estação pluviométrica em questão (**Tabela 37**).

**Tabela 37** – Análise estatística do Ponto TRMM (P6) e Estação pluviométrica “Coromandel”.

Correlação - Ponto TRMM (P6) e Estação Pluviométrica “Coromandel”												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Geral
<b>r</b>	0,97	0,94	0,90	0,99	0,97	0,98	0,93	0,98	0,98	0,97	0,91	0,94
<b>d</b>	0,97	0,97	0,91	0,99	0,98	0,97	0,93	0,95	0,99	0,98	0,93	0,96
<b>c</b>	0,95	0,91	0,82	0,98	0,95	0,95	0,86	0,93	0,97	0,95	0,85	0,90
<b>EM</b>	23,36	3,98	-17,78	-1,70	-7,18	-8,58	-26,64	-37,39	8,23	3,77	-2,71	-5,69
<b>REMQ</b>	40,65	41,10	87,07	28,25	42,76	50,53	69,63	76,94	26,87	29,35	67,14	54,74

Elaboração: O autor (2022).

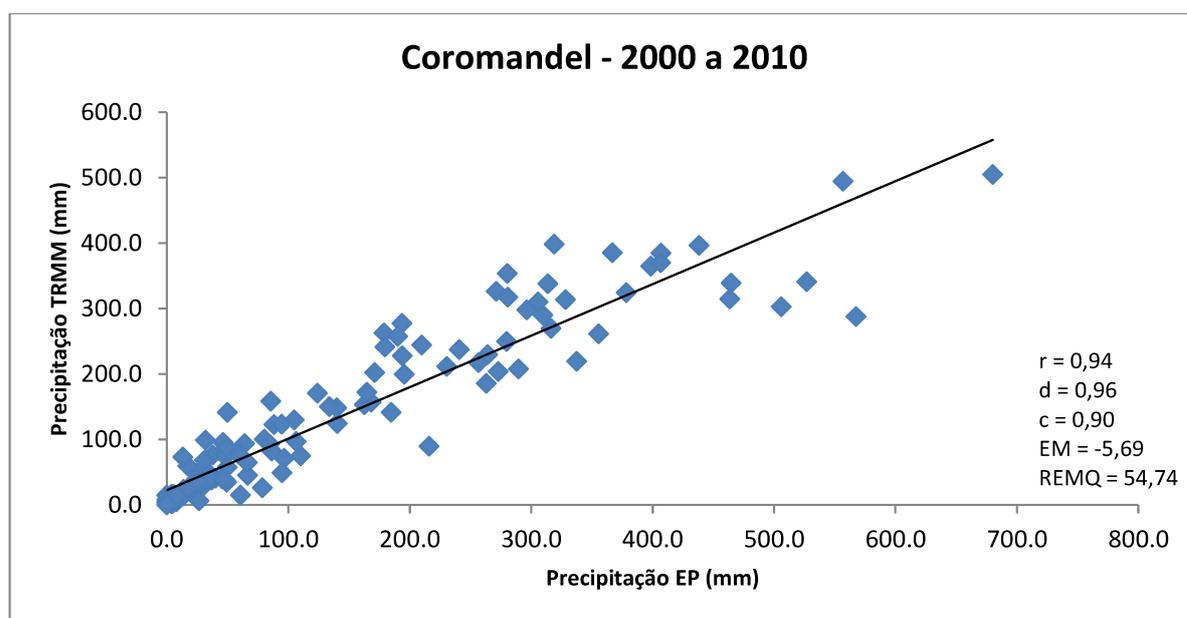
Considerando os dados referentes de toda série histórica conjuntamente (Geral) o coeficiente de correlação “r” de 0,94 (**Tabela 37**) indica uma “perfeita” correlação dos dados estimados pelo ponto TRMM (P6) em relação aos dados da estação pluviométrica de “Coromandel”, seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**), ao longo dos 11 anos, indicando uma boa precisão entre os mesmos. O índice de concordância “d” (Geral) foi de 0,96, indicando uma boa exatidão entre os dados (**Tabela 37**). O índice de desempenho “c” (Geral) foi de 0,90, indicando um “Ótimo” desempenho do método, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) (**Tabela 19**). O Erro Médio “EM” (Geral) foi negativo, de -5,69, indicando a tendência do TRMM de subestimar, no geral, a precipitação mensal nessa localidade (**Tabela 37**).

Além disso, os anos de 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2010 apresentaram o Erro Médio (EM) negativo, o que indica a tendência do satélite TRMM de subestimar a precipitação mensal nesses anos (**Tabela 37**). Os anos 2000, 2001, 2008 e 2009, apresentaram o Erro Médio positivo, o que indica tendência do TRMM de superestimar a precipitação nesses anos (**Tabela 37**). Os menores valores de EM ocorreram nos anos de 2003, 2010, 2009 e 2001, respectivamente, e os maiores valores nos anos de 2007, 2006 e 2000 (**Tabela 37**).

Em relação ao REMQ, o ano de 2008 possuiu o menor valor ( $REMQ = 26,87$ ), seguidamente dos anos 2003 ( $REMQ = 28,25$ ) e 2009 ( $REMQ = 29,35$ ), respectivamente, indicando menores diferenças entre as métricas desses anos em relação aos demais (**Tabela 37**). De modo, que os anos que possuem maiores valores de REMQ, indicam maiores diferenças entre as métricas em relação aos demais, como no ano de 2002 ( $REMQ = 87,07$ ), seguidamente, dos anos 2007 ( $REMQ = 76,94$ ), 2006 ( $REMQ = 69,63$ ) e 2010 ( $REMQ = 67,14$ ) (**Tabela 37**). Os anos que possuíram maiores índices de precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) dos dados estimados pelo TRMM (P6) foram os anos de 2003 e 2008, e os menores índices foram nos anos de 2002, 2010 e 2006, respectivamente (**Tabela 37**).

A **Figura 35** representa a dispersão estabelecida entre os dados totais mensais de precipitação pluviométrica, ao longo da série histórica, do satélite TRMM (P6) e da estação pluviométrica “Coromandel”.

**Figura 35** – Diagrama de dispersão “Coromandel” (2000 – 2010)



Elaboração: O autor (2022).

No diagrama de dispersão (**Figura 35**), é possível analisar que pela ascendência da reta, existe uma correlação linear positiva entre os dados, bem como, um grau de associação das variáveis pela proximidade dos pontos da linha de tendência.

A **Tabela 38** representa o resultado quantitativo da média de precipitação pluviométrica mensal (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Iraí de Minas” (**Tabela**

2) e pelo ponto TRMM (P7) (Tabela 10), nos meses do ano, no intervalo de 01/01/2000 a 31/12/2010.

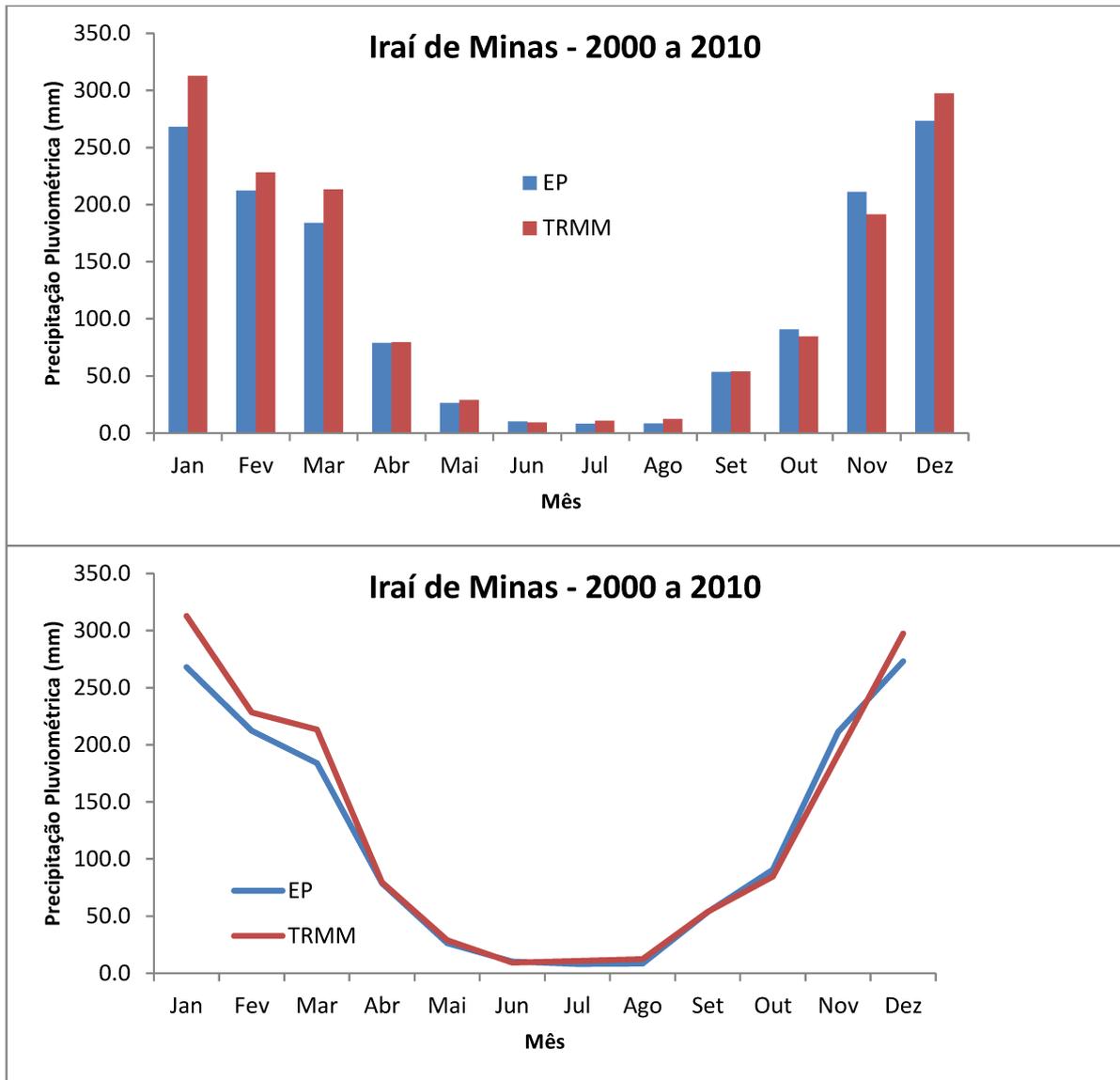
**Tabela 38** – Média da precipitação pluviométrica mensal (2000-2010) – Ponto TRMM (P7) e Estação Pluviométrica “Iraí de Minas”.

Período Registro	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
Janeiro	268,1	312,8	407,8	535,4	153,9	177,1
Fevereiro	212,4	228,3	373,0	385,6	47,9	88,0
Março	184,0	213,4	303,4	314,9	47,7	69,4
Abril	78,7	79,6	140,9	156,7	11,9	26,4
Maio	26,2	28,8	66,7	69,5	0,2	0,9
Junho	10,4	9,3	47,1	37,1	0,0	0,4
Julho	8,1	10,8	28,5	53,3	0,0	0,0
Agosto	8,3	12,4	33,6	41,9	0,0	0,0
Setembro	53,6	53,9	107,7	102,3	0,0	6,0
Outubro	90,7	84,7	220,1	178,5	30,2	49,6
Novembro	211,2	191,7	441,4	321,2	53,3	112,3
Dezembro	273,1	297,4	499,4	407,9	150,3	207,7

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019)

A distribuição temporal da precipitação pluvial média mensal no período de 2000 a 2010, para ambas as fontes de dados, mostraram que as estimativas de precipitação do ponto (P7) do satélite TRMM apresentam consideráveis similaridade com os dados observados da estação pluviométrica de “Iraí de Minas” (Figura 36).

**Figura 36** – Comparação da média mensal entre estimativa do Ponto TRMM (P7) e Estação pluviométrica “Iraí de Minas” (2000-2010)



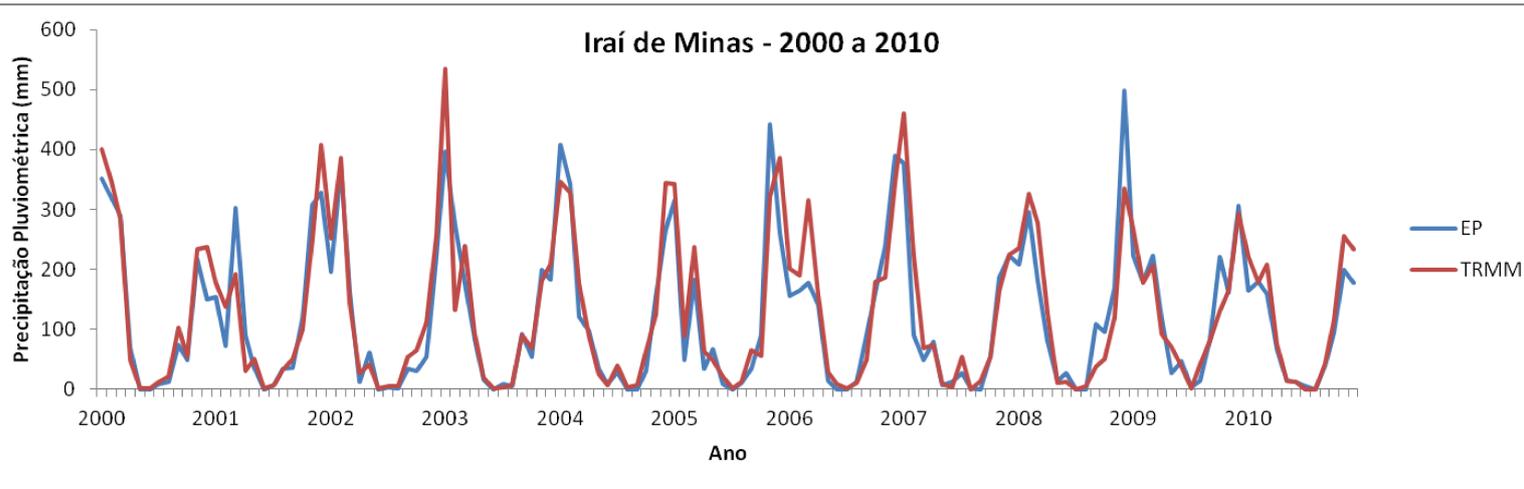
Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica obtida pelo ponto TRMM (P7) teve maior amplitude nos dados (535,4 mm/mês), com valor máximo superior em relação à estação pluviométrica “Iraí de Minas” (499,4 mm/mês) (**Tabela 38**). A precipitação pluviométrica média mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto foram menores para ambos meios de medição, sendo esse, o período menos chuvoso (**Tabela 38**). Os meses mais chuvosos de acordo com os dados da estação pluviométrica “Iraí de Minas” e da estimativa do ponto TRMM (P7) foram os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (**Tabela 38**).

Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média mensal estimada correspondeu ao mês de dezembro, com média de 273,1 mm, e a menor ao mês de julho com

média de 8,1 mm. Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P7), o maior valor médio ocorreu ao mês de janeiro (312,8 mm), e o menor ocorreu no mês de junho (9,3 mm). A **Figura 37** representa a distribuição total de precipitação pluviométrica mensal (mm) de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

**Figura 37** – Precipitação pluviométrica mensal (mm) de 01/01/2000 a 31/12/2010: TRMM (P7) e Estação Pluviométrica “Iraí de Minas”



Elaboração: O autor (2022).

Ao analisar a **Figura 37** é notável a similaridade entre a distribuição temporal dos dados estimados pelo satélite TRMM (P7) e pela estação pluviométrica “Iraí de Minas”. A **Tabela 39** representa o resultado da análise da média de precipitação pluviométrica anual (mm) registrada pela estação pluviométrica de “Iraí de Minas” e estimada pelo ponto TRMM (P7) no intervalo de 2000 a 2010.

**Tabela 39** – Média da precipitação pluviométrica Anual (2000-2010) – Ponto TRMM (P7) e Estação Pluviométrica “Iraí de Minas”.

Período	Média		Máxima		Mínima	
	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital
2000	128,3	145,0	351,9	401,3	0,0	0,6
2001	123,8	119,5	328,1	407,9	0,0	0,7
2002	95,4	112,1	373,0	385,6	0,0	0,4
2003	124,1	131,3	397,6	535,4	0,0	0,5
2004	124,3	129,2	407,8	346,0	0,0	2,5
2005	124,1	136,7	441,4	385,4	0,0	0,3
2006	128,6	138,9	388,9	343,8	0,0	0,4

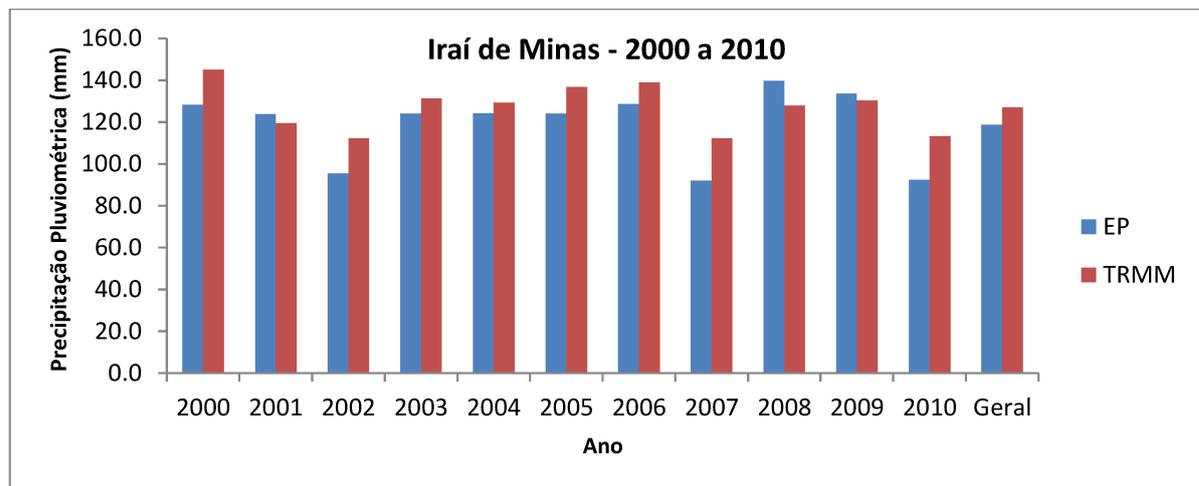
Continua...

Período	Média		Máxima		Mínima		Conclusão	
	Registro	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	<i>In situ</i>	Orbital	
2007		92,0	112,1	377,4	459,9	0,0	0,0	
2008		139,6	127,8	499,4	335,5	0,0	0,0	
2009		133,6	130,3	307,0	293,9	2,7	1,9	
2010		92,3	113,2	198,2	255,1	0,0	0,0	
Geral		118,7	126,9	499,4	535,4	0,0	0,0	

Fonte: Adaptado de Alacoque et al. (2019).

A **Figura 38** representa a considerável similaridade das médias anuais de ambos meios de medição, bem como, a média geral (Geral).

**Figura 38** – Comparação da média anual entre estimativa do Ponto TRMM (P7) e Estação pluviométrica “Iraí de Minas” (2000-2010)



Elaboração: O autor (2022).

A precipitação pluviométrica média anual do ano de 2007 (92,0 mm/ano) foi a menor na estação pluviométrica. No ponto TRMM (P7), a menor média anual também ocorreu no ano de 2007 (112,1 mm/ano), sendo esses, os anos menos chuvosos, para ambos os meios de medição (**Tabela 39**). Em relação aos dados *in situ*, a maior precipitação média anual estimada correspondeu ao ano de 2008 (139,6 mm/ano). Para os valores de precipitação do ponto TRMM (P7), o maior valor médio ocorreu no ano de 2000 (145,0 mm/ano) (**Tabela 39**). A média de precipitação pluviométrica geral, considerando as médias totais dos dados conjuntamente da série histórica, foi de 118,7 mm para a estação pluviométrica e 126,9 mm para o ponto TRMM (P7) (**Tabela 39**).

Os resultados da análise estatística entre os dados de precipitação pluviométrica estimada pelo ponto TRMM (P7) e os dados observados na estação pluviométrica de “Iraí de

Minas” mostraram que as estimativas do produto 3B43 do TRMM apresentam uma alta e significativa correlação com os dados observados da estação pluviométrica em questão (**Tabela 40**).

**Tabela 40** – Análise estatística do Ponto TRMM (P7) e Estação pluviométrica “Iraí de Minas”.

Correlação - Ponto TRMM (P7) e Estação Pluviométrica “Iraí de Minas”												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Geral
<b>r</b>	0,98	0,91	0,98	0,91	0,97	0,92	0,91	0,95	0,89	0,93	0,99	0,93
<b>d</b>	0,99	0,95	0,98	0,95	0,98	0,96	0,95	0,96	0,94	0,96	0,96	0,96
<b>c</b>	0,97	0,86	0,96	0,86	0,95	0,88	0,86	0,92	0,84	0,90	0,95	0,89
<b>EM</b>	16,76	-4,38	16,74	7,22	4,96	12,54	10,23	20,10	-11,73	-3,25	20,90	8,19
<b>REMQ</b>	32,11	51,08	30,28	60,41	35,74	56,81	49,03	46,65	64,66	34,15	32,44	46,41

Elaboração: O autor (2022).

Considerando os dados referentes de toda série histórica conjuntamente (Geral) o coeficiente de correlação “r” de 0,93 (**Tabela 40**) indica uma “perfeita” correlação dos dados estimados pelo ponto TRMM (7) em relação aos dados da estação pluviométrica de “Iraí de Minas”, seguindo a metodologia de Hopkins (2000) (**Tabela 18**), ao longo dos 11 anos, indicando uma boa precisão entre os mesmos (**Tabela 40**). O índice de concordância “d” (Geral) foi de 0,96, indicando uma boa exatidão entre os dados (**Tabela 40**). O índice de desempenho “c” (Geral) foi de 0,89, indicando um “Ótimo” desempenho do método, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) (**Tabela 19**). O Erro Médio “EM” (Geral) foi positivo, de 8,19, indicando a tendência do TRMM de superestimar, no geral, a precipitação mensal nessa localidade (**Tabela 40**).

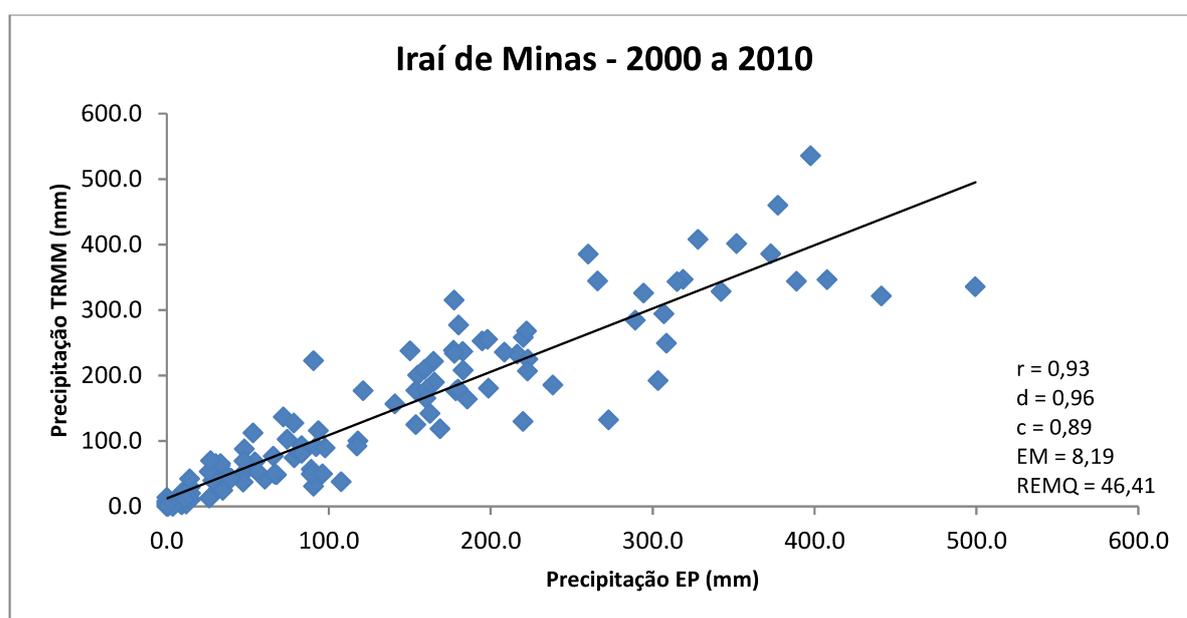
Além disso, os anos de 2001, 2008 e 2009 apresentaram o Erro Médio (EM) negativo, o que indica a tendência do satélite TRMM de subestimar a precipitação mensal nesses anos (**Tabela 40**). Os anos 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2010, apresentaram o Erro Médio positivo, o que indica tendência do TRMM de superestimar a precipitação nesses anos (**Tabela 40**). Os menores valores de EM ocorreram nos anos de 2009, 2001 e 2004, respectivamente, e os maiores valores nos anos de 2010 e 2007 (**Tabela 40**).

Em relação ao REMQ, o ano de 2002 possuiu o menor valor (REMQ = 30,28), seguidamente dos anos 2000 (REMQ = 32,11) e 2010 (REMQ = 32,44), respectivamente, indicando menores diferenças entre as métricas desses anos em relação aos demais (**Tabela 40**). De modo, que os anos que possuem maiores valores de REMQ, indicam maiores diferenças entre as métricas em relação aos demais, como no ano de 2008 (REMQ = 64,66),

seguidamente, dos anos 2003 (REMQ = 60,41) e 2005 (REMQ = 56,81) (**Tabela 40**). Os anos que possuíram maiores índices de precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) dos dados estimados pelo TRMM (P7) foram os anos de 2000 e 2002, e os menores índices foram nos anos de 2008, 2003 e 2006, respectivamente (**Tabela 40**).

A **Figura 39** representa a dispersão estabelecida entre os dados totais mensais de precipitação pluviométrica, ao longo da série histórica, do satélite TRMM (P7) e da estação pluviométrica “Iraí de Minas”.

**Figura 39** – Diagrama de dispersão “Iraí de Minas” (2000–2010)

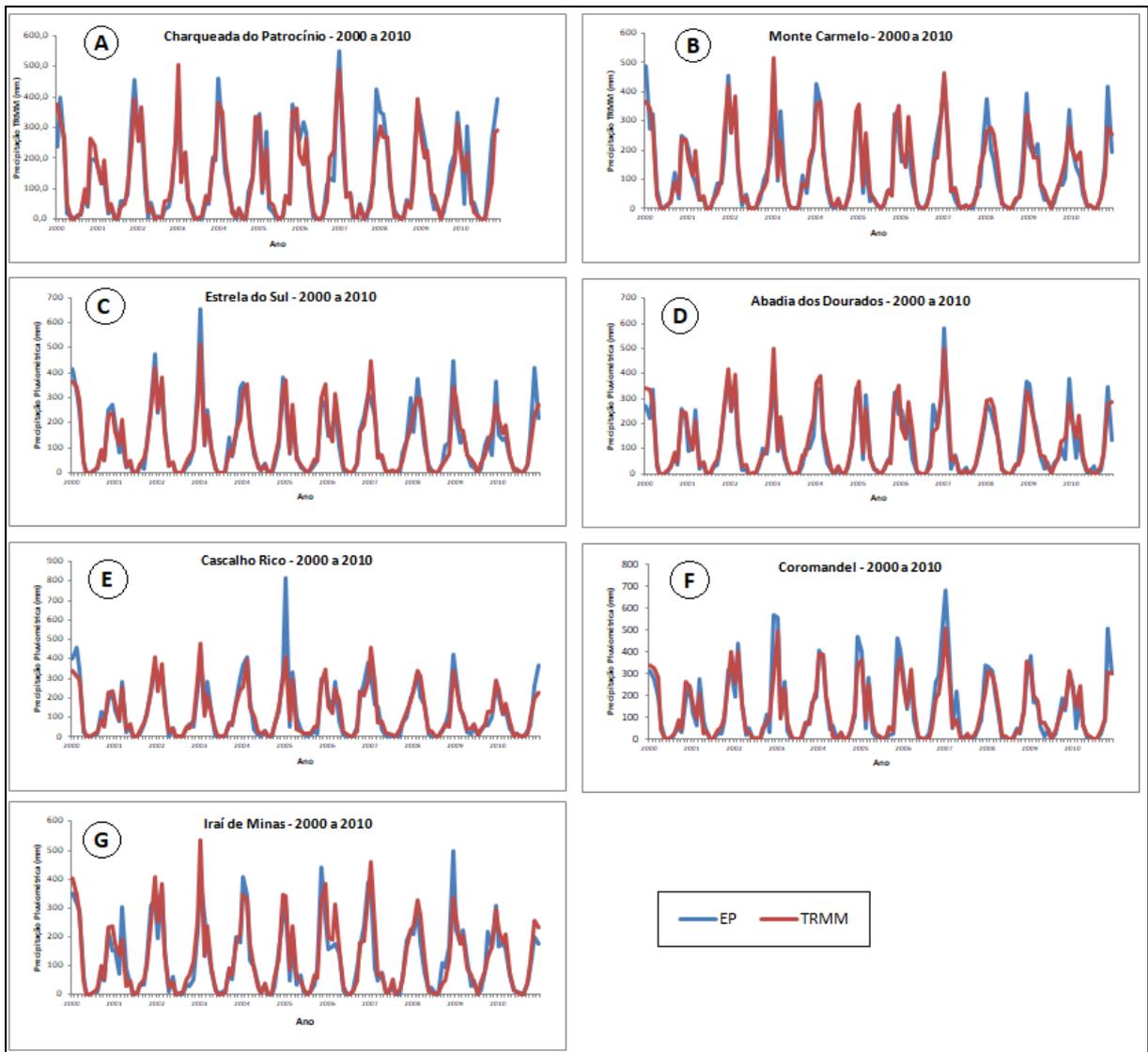


Elaboração: O autor (2022).

No diagrama de dispersão (**Figura 39**), é possível analisar que pela ascendência da reta, existe uma correlação linear positiva entre os dados, bem como, um grau de associação das variáveis pela proximidade dos pontos da linha de tendência.

Analisando de forma global, a distribuição temporal da precipitação pluvial mensal no período de 2000 a 2010 para ambas as fontes de dados (TRMM e Estações Pluviométricas), mostrou que as estimativas do satélite TRMM apresentaram similaridade aos dados obtidos pelas estações pluviométricas (**Figura 40**).

**Figura 40** – Precipitação pluviométrica mensal (mm) de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2010: Comparação TRMM e Estações Pluviométricas

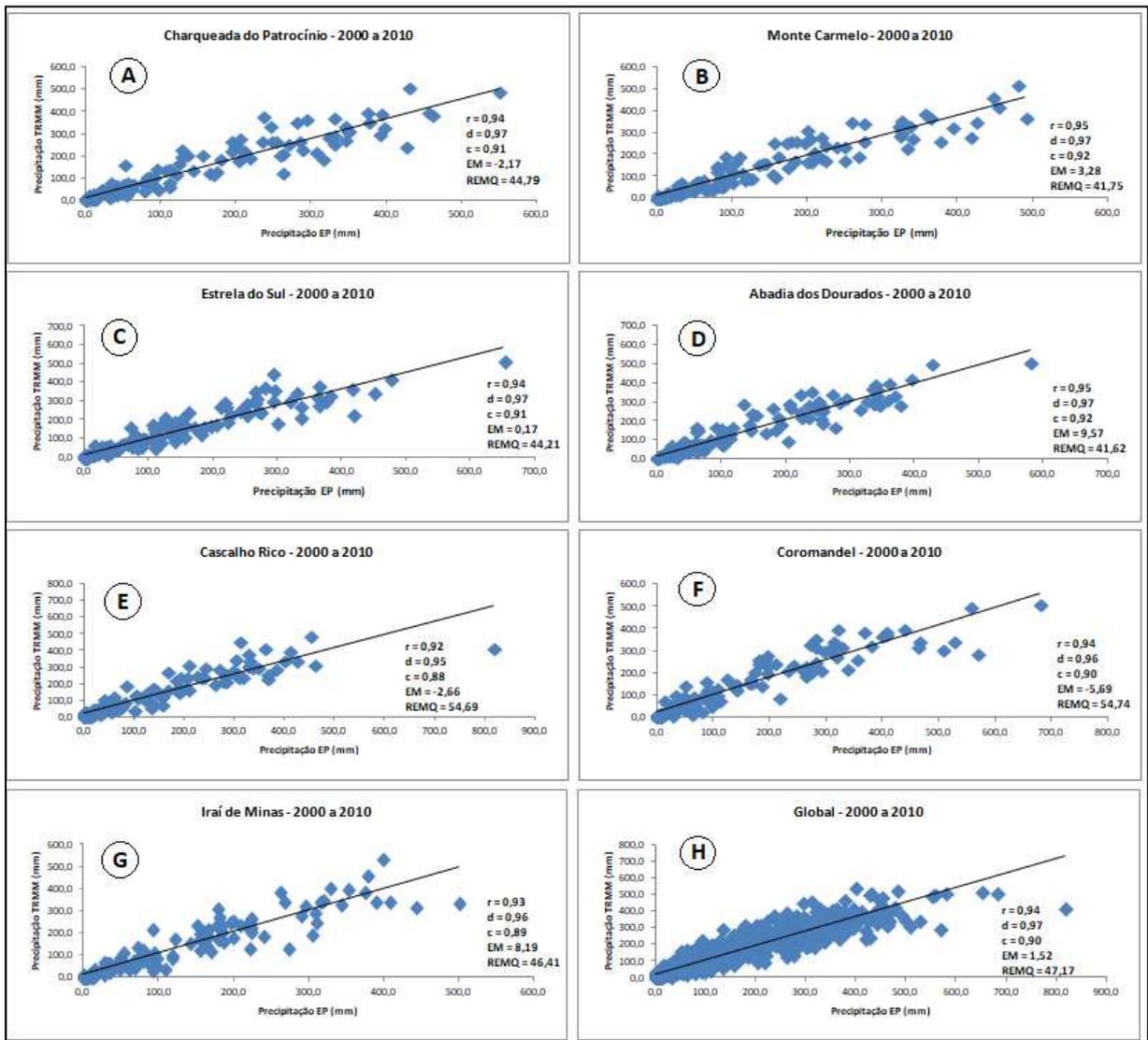


Fonte: Adaptado de Almeida *et al.* (2015)

O produto 3B43, versão 7, também estimou corretamente a variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica, sendo verificado através do regime pluviométrico da região, que nos meses de maio, junho, julho e agosto, ocorreram as menores médias mensais em ambos meios de medições (Estação Pluviométrica e TRMM). De modo, que para ambos meios de medições, as maiores médias mensais foram em novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Sendo assim, possível compreender que a região de estudo possui, pelo seu regime, invernos secos e verões chuvosos, confirmando a classificação de Köppen (1948) para o clima da região.

Os resultados também mostraram que os dados estimados pelo produto 3B43 do satélite TRMM e os dados observados pelas estações pluviométricas apresentaram alta e significativa correlação na área estudada (**Figura 41 A-G**).

**Figura 41** – Diagrama de dispersão para cada localidade avaliada (A-G) e global (H), considerando todos os dados conjuntamente.



Fonte: Adaptado de Almeida et al (2015).

A **Tabela 41**, mostra o resultado da análise estatística de todos os dados estimados pelo satélite TRMM e pelas estações pluviométricas conjuntamente, nas 7 localidades avaliadas, de forma global.

**Tabela 41** – Análise estatística Global das 7 localidades conjuntamente

<b>Correlação Global – 7 localidades</b>	
<b>r</b>	0,94
<b>d</b>	0,97
<b>c</b>	0,90
<b>EM</b>	1,52
<b>REMQ</b>	47,17

Elaboração: O autor (2022)

O coeficiente de correlação “r” global de 0,94 (**Tabela 41** e **Figura 41H**) mostra que a classificação de correlação entre os dados estimados pelo TRMM, em relação às estações pluviométricas, possuiu uma correlação classificada como “perfeita”, indicando precisão dos dados correlacionados, segundo a metodologia de Hopkins (2000). O índice de concordância “d” global de 0,97 (**Tabela 41** e **Figura 41H**) também indica uma boa exatidão entre os dados, pelo seu alto valor (próximo de 1). O índice de desempenho “c” global de 0,90 indica alto desempenho do método, sendo classificado, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997), com um “Ótimo” desempenho (**Tabela 41** e **Figura 41H**). O Erro Médio (EM) global positivo, de 1,52, indica tendência de o satélite TRMM superestimar os dados em relação às estações. O REMQ global de 47,17 indica menores diferenças entre as métricas (**Tabela 41** e **Figura 41H**).

As estações pluviométricas “Abadia dos Dourados”, “Monte Carmelo”, “Estrela do Sul” e “Charqueada do Patrocínio” obtiveram os menores valores de REMQ (41,62 mm, 41,75 mm, 44,21 mm e 44,79 mm, respectivamente), com alta proximidade entre os dados TRMM e os dados das estações pluviométricas, o que indica menores diferenças nas métricas nessas localidades (**Figura 41D, 41B, 41C** e **41A**). As estações pluviométricas “Abadia dos Dourados” e “Monte Carmelo” apresentaram maiores valores de coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d) e índice de desempenho (c), que em conjunto com os menores valores de REMQ, indicam boa precisão, exatidão e desempenhos dos dados nessas localidades pelo TRMM, produto 3B43, versão 7.

Além disso, as estações pluviométricas de “Charqueada do Patrocínio”, “Cascalho Rico” e “Coromandel”, apresentaram Erro Médio (EM) negativo, indicando maior tendência do TRMM de subestimar a precipitação mensal nessas localidades (**Figura 41A, 41E** e **41F**).

As demais estações pluviométricas apresentaram o EM positivo, indicando que o TRMM apresentou maior tendência de superestimar a precipitação (**Figura 41B, 41C, 41D, 41G**).

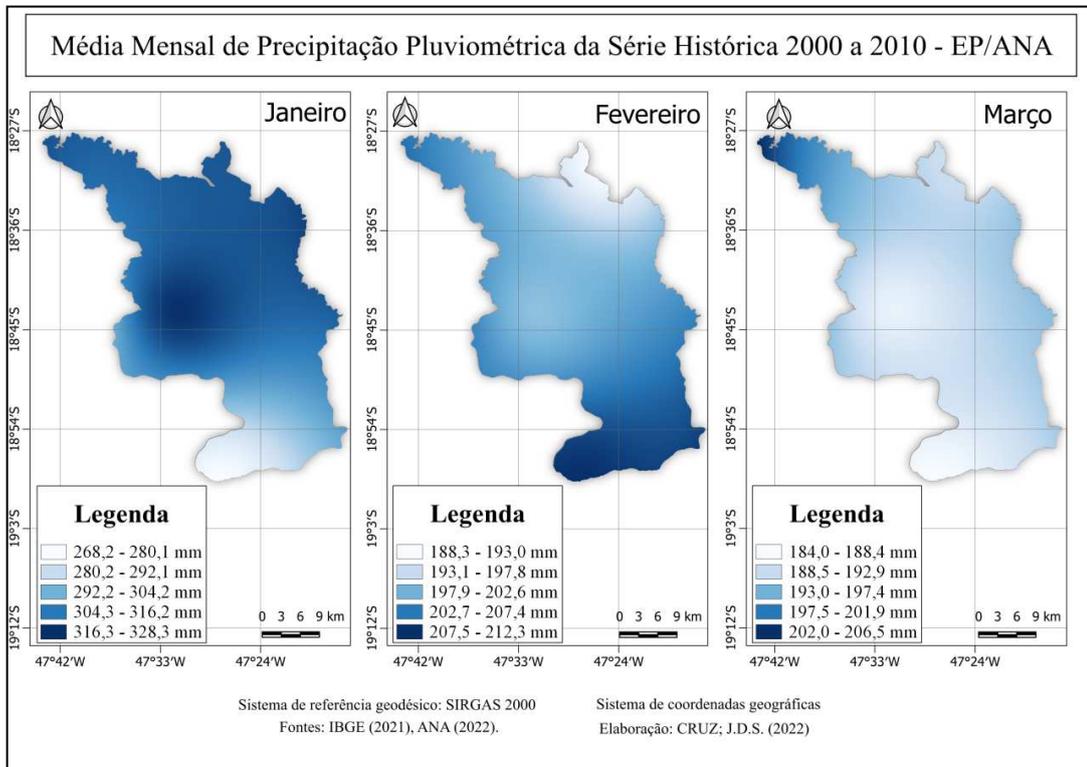
A estação pluviométrica “Abadia dos Dourados” apresentou maior valor de EM, devido aos dados do TRMM serem superiores aos dados da estação para a maioria dos meses nos anos 2003 e 2010 (**Figura 40D**), que foram os anos de baixa precipitação pluviométrica conforme os valores registrados da estação pluviométrica.

A estação pluviométrica “Cascalho Rico” apresentou os menores valores de coeficiente de correlação ( $r = 0,92$ ), índice de concordância ( $d = 0,95$ ) e índice de desempenho ( $c = 0,88$ ) (**Figura 41E**). O pior desempenho desta estação em relação às demais pode estar relacionado à sua localização mais ao noroeste da cidade de Monte Carmelo, sob ação de diversos sistemas meteorológicos, sendo mais influenciada pela maior abrangência do satélite TRMM.

Assim como analisado por outros autores como o de Almeida (2017), Collischonn (2006), De Paula (2015) e, Oliveira e Nascimento (2018), os resultados mostraram que o emprego do satélite TRMM para estimativa de precipitação pluviométrica indica uma boa consistência quando correlacionado com os dados pluviométricos medidos convencionalmente. As diferenças existentes entre os dados de ambos meios de medições “podem ser uma consequência da diferença entre escala, pois o pluviômetro é uma estimativa pontual, enquanto que o satélite representa uma estimativa média no pixel” (ALMEIDA, 2017).

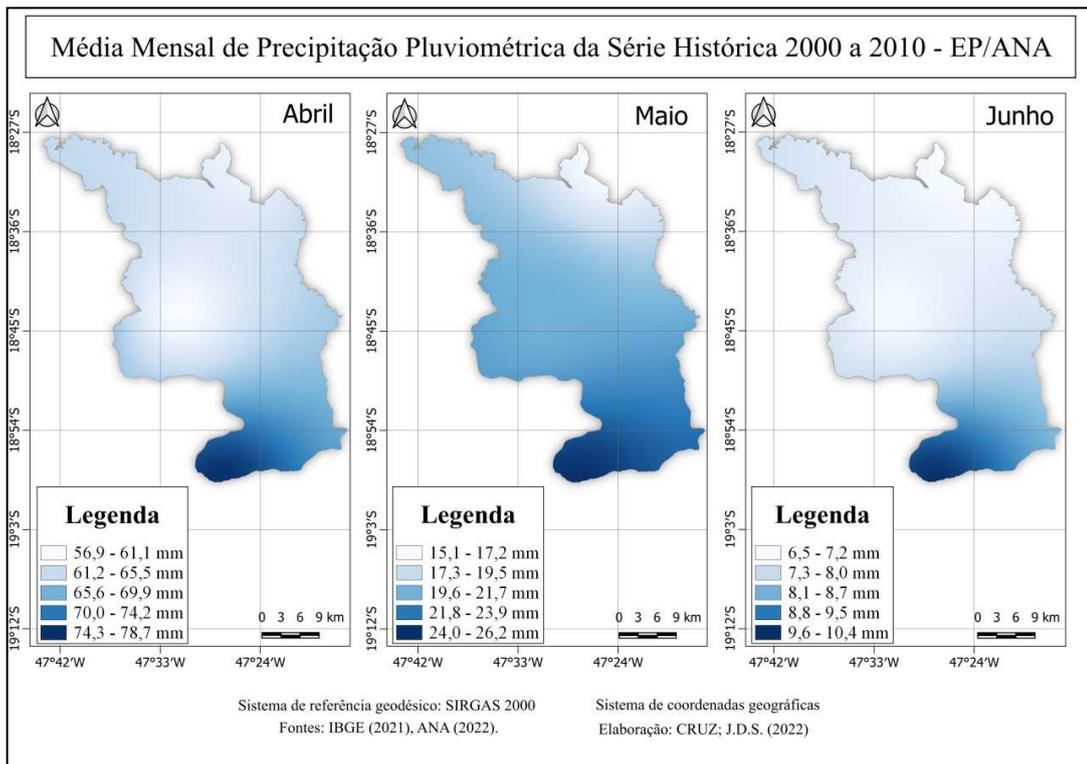
Para análise da distribuição espacial e temporal da precipitação pluviométrica, em Monte Carmelo, foram elaborados mapas temáticos dos dados TRMM e das estações pluviométricas, através do método da interpolação espacial, para cada mês da série histórica de 2000 a 2010. A **Figura 42, Figura 43, Figura 44 e Figura 45** representam os mapas da média mensal da precipitação, de 11 anos, dos dados das estações pluviométricas para o município de Monte Carmelo - MG.

**Figura 42** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Janeiro, Fevereiro e Março).



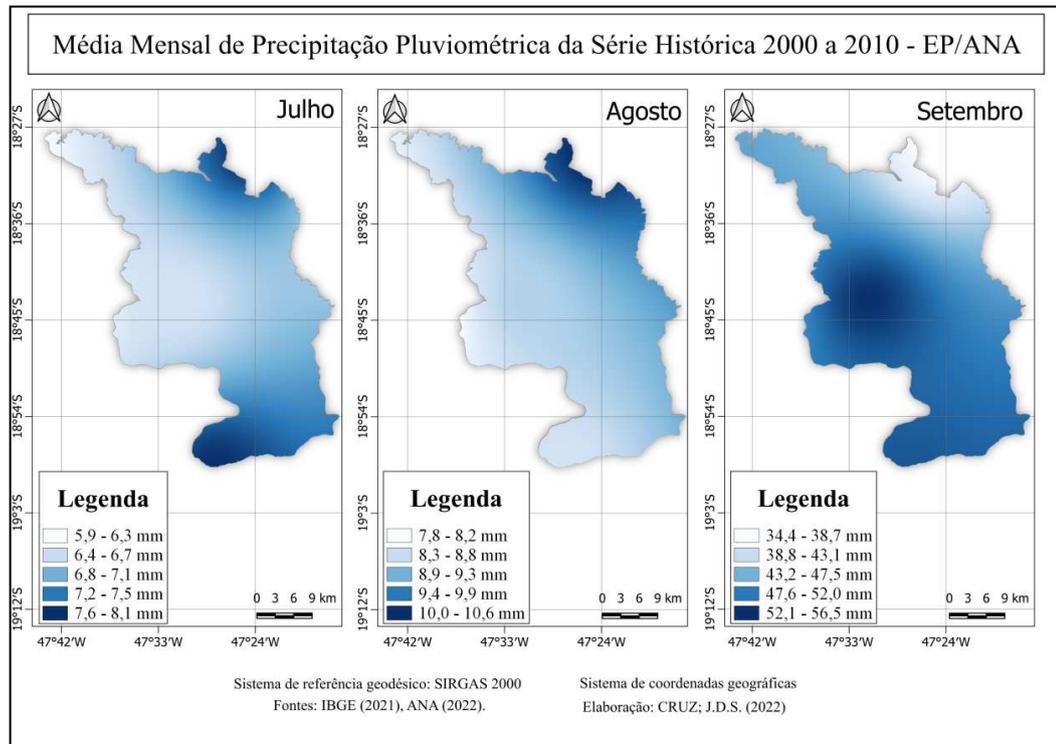
Elaboração: O autor (2022).

**Figura 43** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Abril, Maio e Junho).



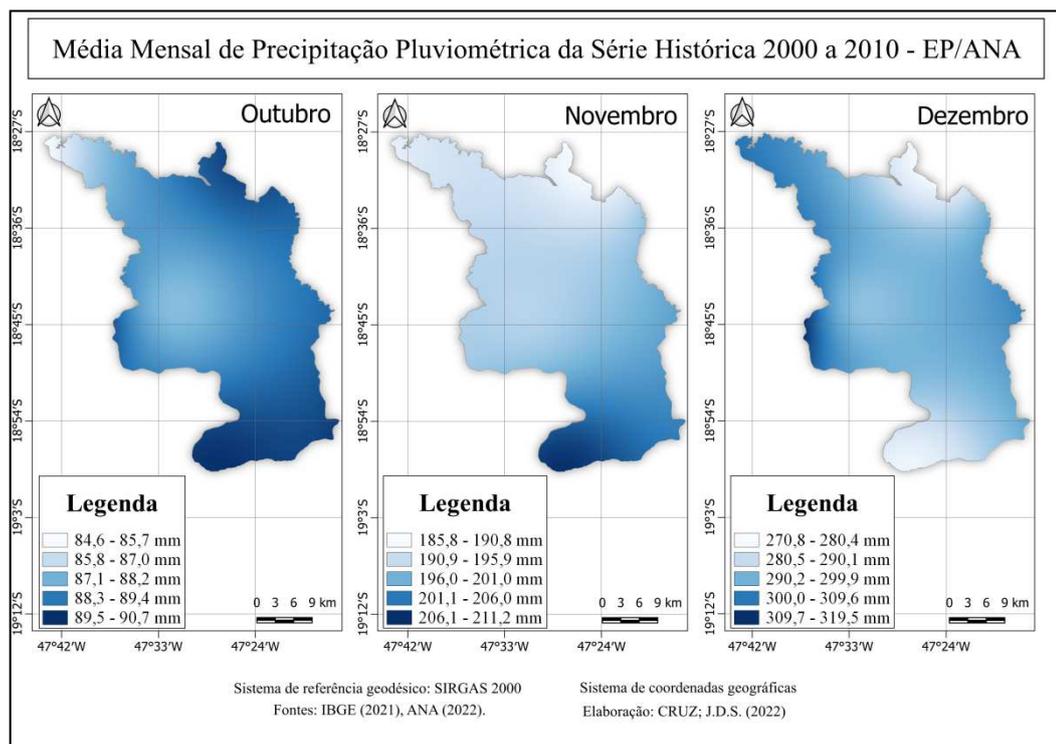
Elaboração: O autor (2022).

**Figura 44** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Julho, Agosto e Setembro).



Elaboração: O autor (2022).

**Figura 45** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal EP (Outubro, Novembro e Dezembro).

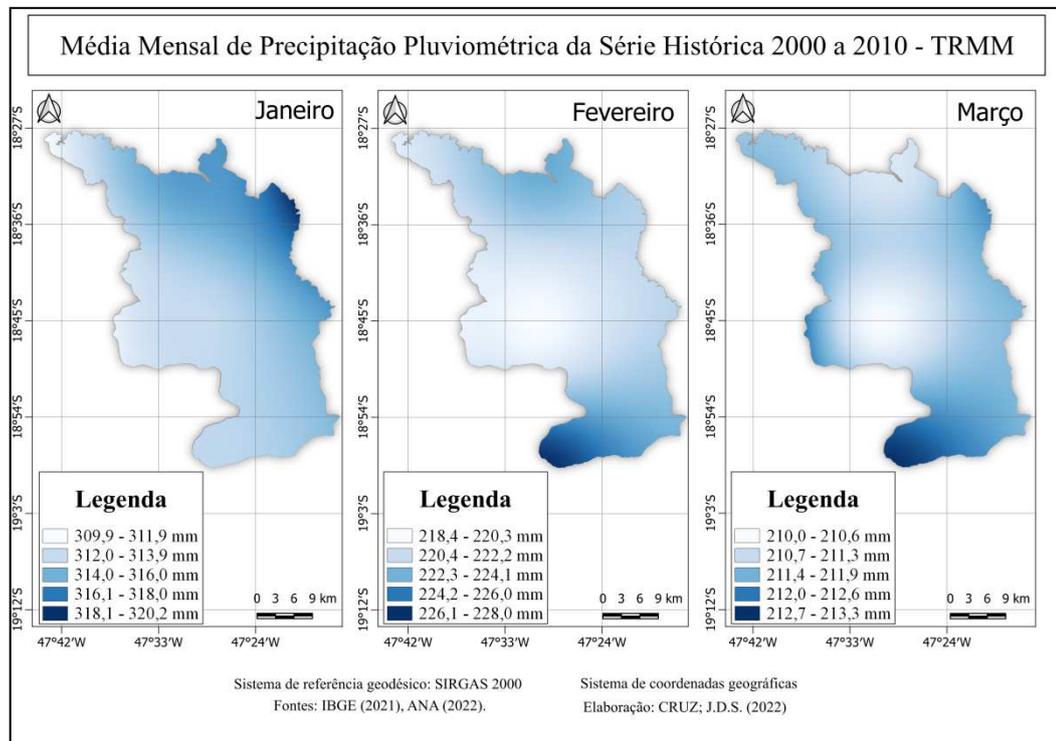


Elaboração: O autor (2022).

A **Figura 42, Figura 43, Figura 44 e Figura 45** apontam que pela espacialização da média mensal, de 11 anos, de precipitação pluviométrica, das estações pluviométricas, para o município de Monte Carmelo – MG, os meses com maiores médias mensais foram Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, com maior amplitude no mês de Janeiro (268,3 mm a 328,3 mm), coincidindo com os meses de maiores amplitudes das 7 estações pluviométricas. Os meses com menores médias mensais também coincidiram com os menores meses das 7 estações, sendo estes, os meses de Junho, Julho e Agosto, com menor amplitude no mês de Julho (5,9 mm a 8,1 mm). Essa análise traz a evidência, através do regime pluviométrico de Monte Carmelo, que o clima do município é tropical, com invernos secos e verões chuvosos.

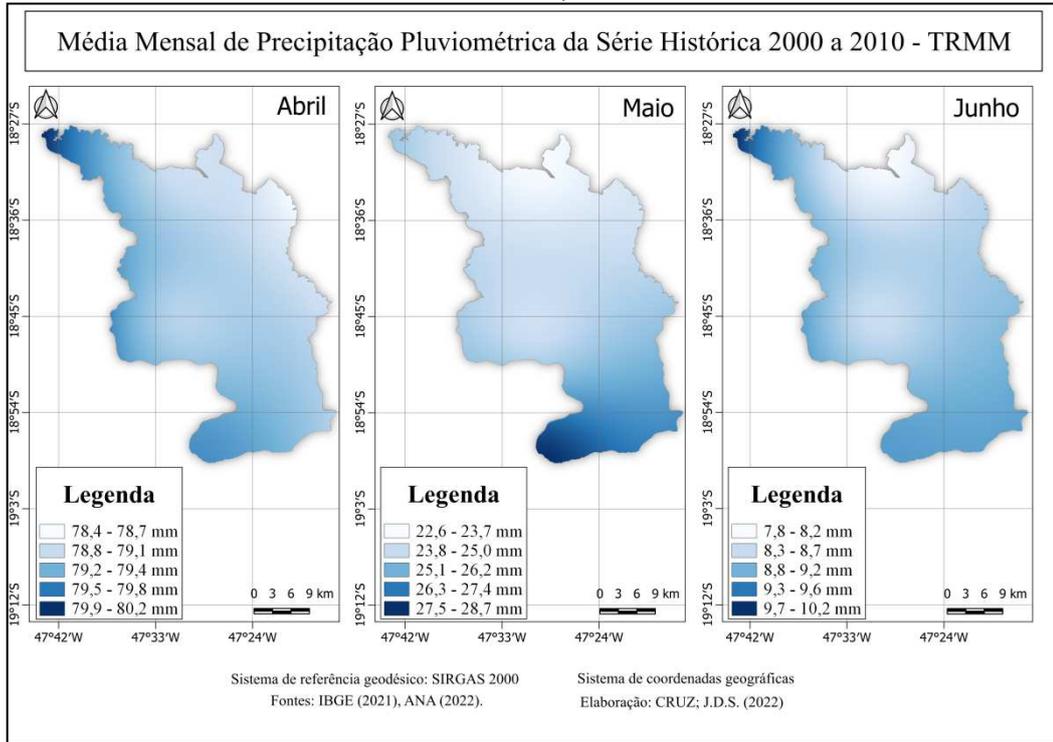
A **Figura 46, Figura 47, Figura 48 e Figura 49** representam os mapas da média mensal da precipitação, de 11 anos, dos dados do satélite TRMM para o município de Monte Carmelo - MG.

**Figura 46** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Janeiro, Fevereiro e Março).



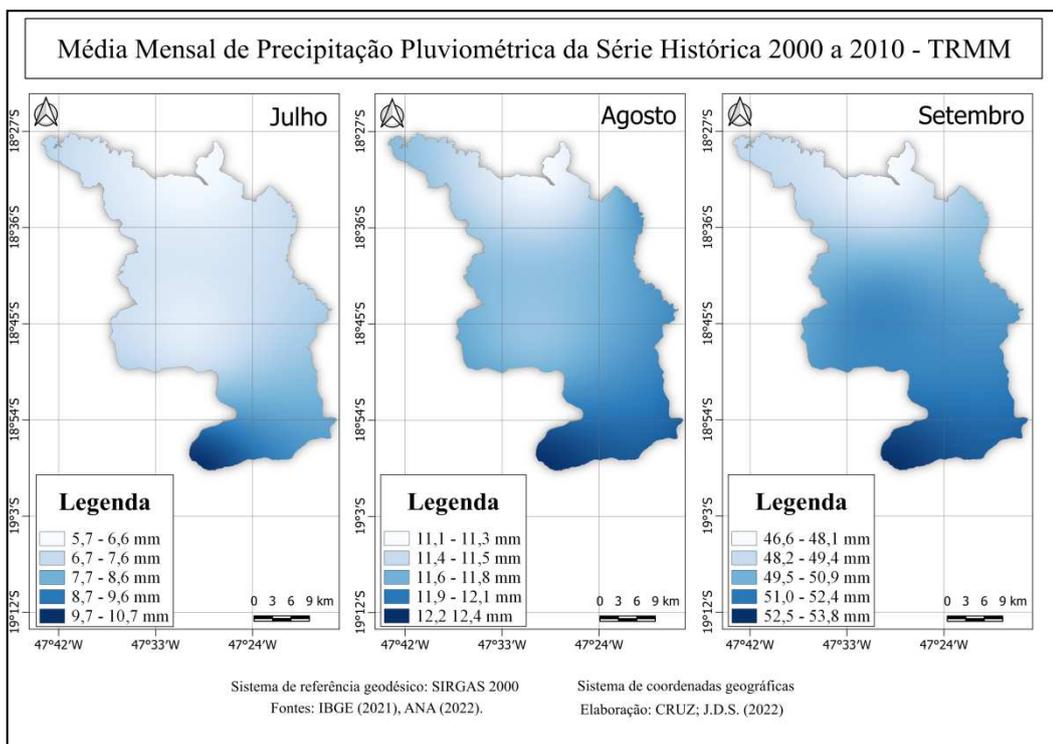
Elaboração: O autor (2022).

**Figura 47 – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Abril, Maio e Junho).**



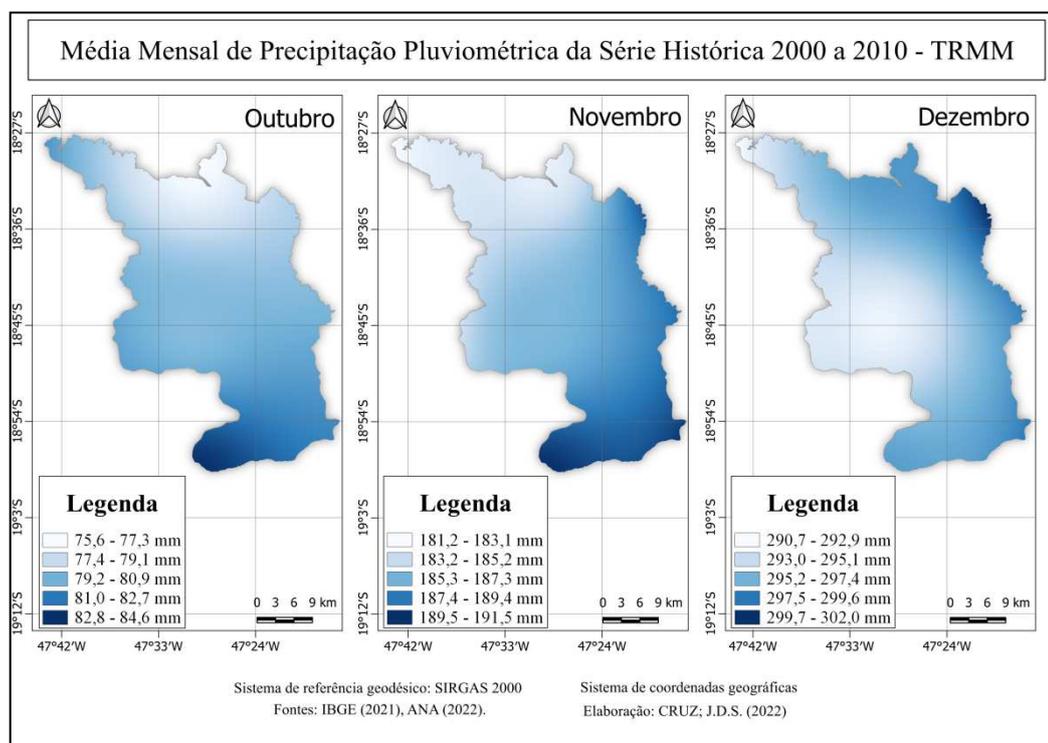
Elaboração: O autor (2022).

**Figura 48 – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Julho, Agosto e Setembro).**



Elaboração: O autor (2022).

**Figura 49** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Mensal TRMM (Outubro, Novembro e Dezembro).

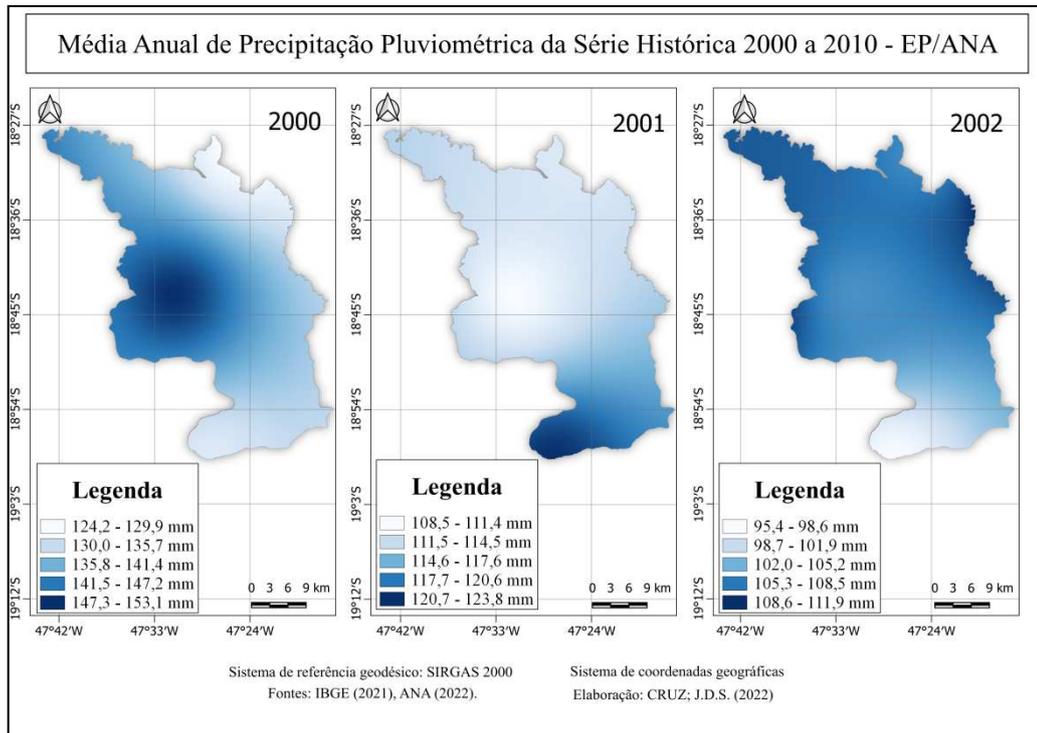


Elaboração: O autor (2022).

A **Figura 46**, **Figura 47**, **Figura 48** e **Figura 49** apontam que pela espacialização da média mensal, de 11 anos, de precipitação pluviométrica, do satélite TRMM, para o município de Monte Carmelo – MG, os meses com maiores médias mensais também foram Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, com maior amplitude no mês de Janeiro (309,9 mm a 320,2 mm), coincidindo com os meses de maiores amplitudes dos 7 pontos TRMM. Os meses com menores médias mensais também coincidiram com os menores meses dos 7 pontos TRMM, sendo estes, os meses de Junho, Julho e Agosto, com menor amplitude no mês de Junho (7,8 mm a 10,2 mm). Ajudando a constatar, através do regime pluviométrico de Monte Carmelo, que o clima do município é tropical, com invernos secos e verões chuvosos.

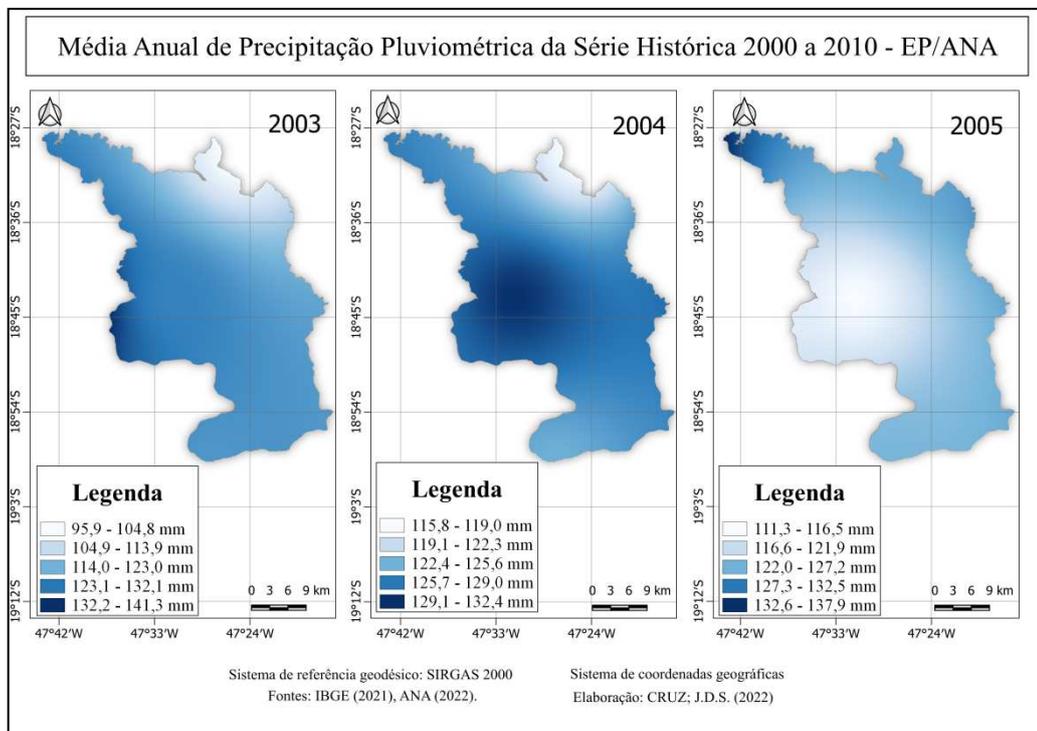
Após, a realização dos mapas das médias mensais para o município de Monte Carmelo-MG, foram elaborados mapas das médias anuais de precipitação pluviométrica para a série histórica de 2000 a 2010, tanto das estações pluviométricas quanto dos pontos do satélite TRMM. A **Figura 50**, **Figura 51**, **Figura 52** e **Figura 53**, representam os mapas das médias anuais pelas estações pluviométricas.

**Figura 50** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2000, 2001 e 2002).



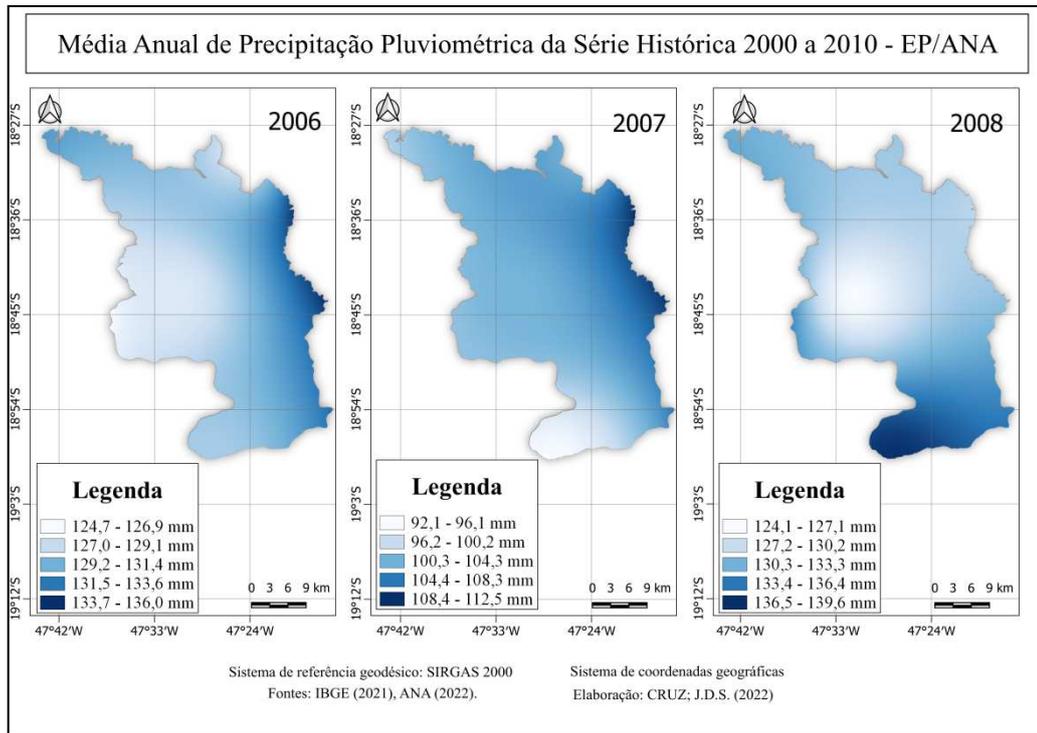
Elaboração: O autor (2022).

**Figura 51** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2003, 2004 e 2005).



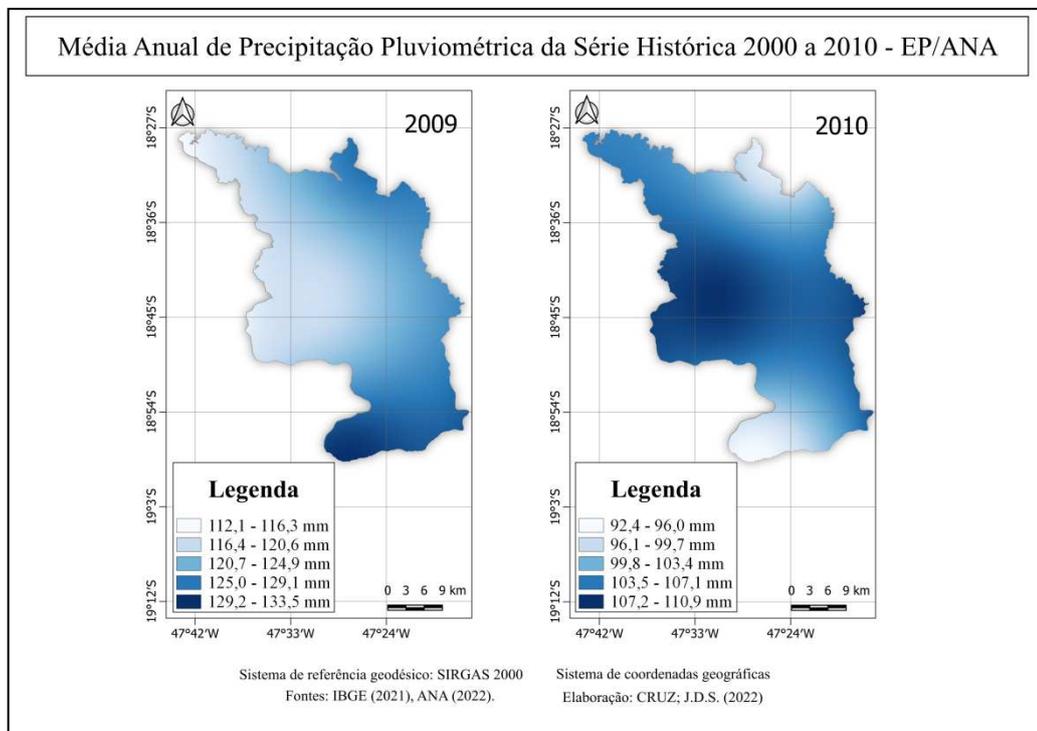
Elaboração: O autor (2022).

**Figura 52** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2006, 2007 e 2008).



Elaboração: O autor (2022).

**Figura 53** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual EP (2009 e 2010).

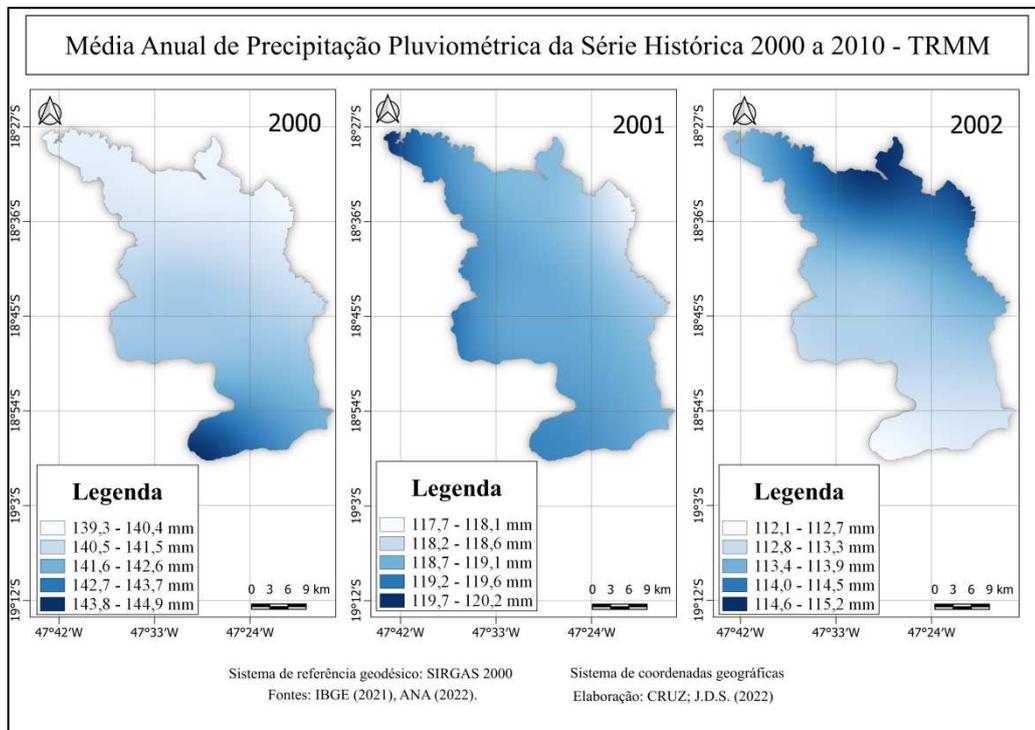


Elaboração: O autor (2022).

A **Figura 50**, **Figura 51**, **Figura 52** e **Figura 53** indicam que pela espacialização da média anual, de 11 anos, de precipitação pluviométrica, das 7 estações pluviométricas, para o município de Monte Carmelo – MG, o ano com maior média pluviométrica foi o ano de 2000 (124,2 mm a 153,1 mm) e o ano com menor medial anual pluviométrica foi o ano de 2010 (92,4 mm a 110,9 mm). É perceptível que os valores máximos de precipitação se concentraram mais na região leste e sul do município, exceto no ano de 2010, que possuiu uma boa distribuição espacial da precipitação em todo município.

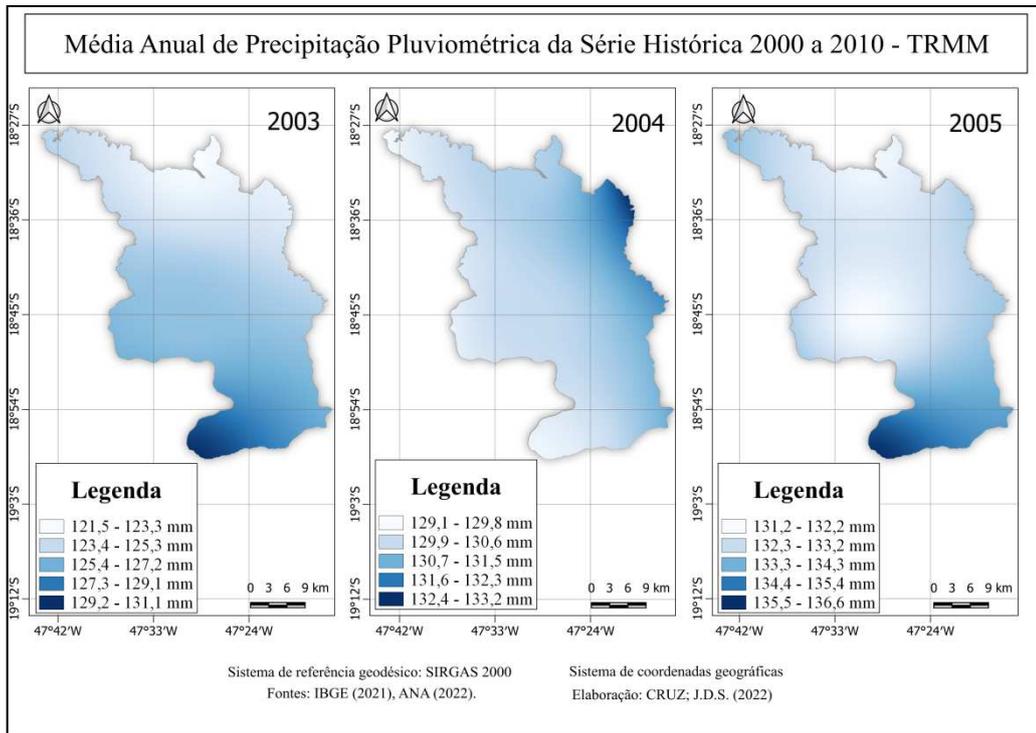
A **Figura 54**, **Figura 55**, **Figura 56** e **Figura 57** representam os mapas da média anual da precipitação, de 11 anos, dos dados do satélite TRMM para o município de Monte Carmelo - MG.

**Figura 54** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2000, 2001 e 2002).



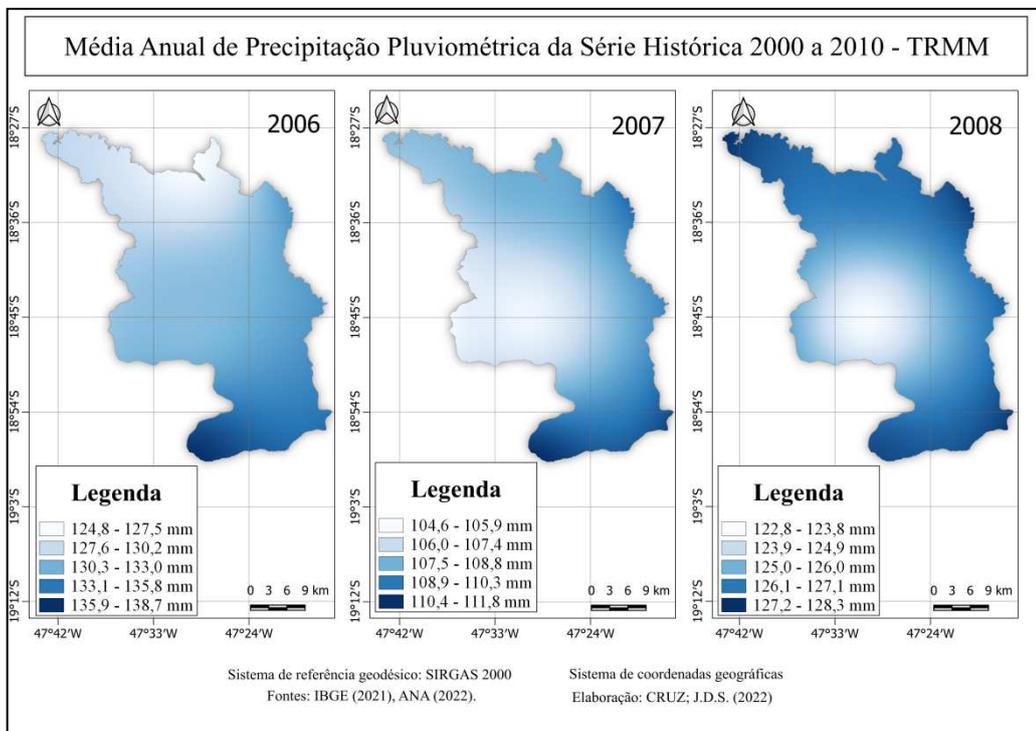
Elaboração: O autor (2022).

Figura 55 – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2003, 2004 e 2005).



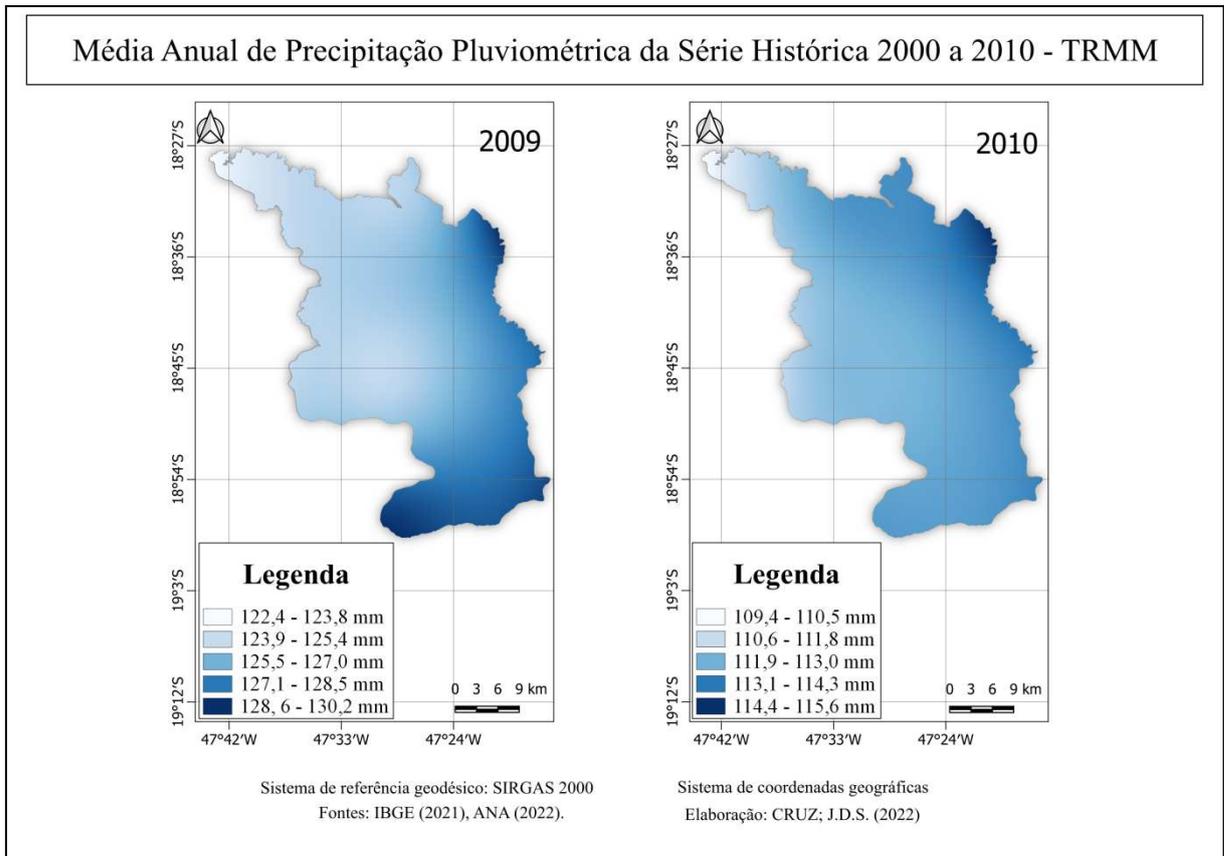
Elaboração: O autor (2022).

Figura 56 – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2006, 2007 e 2008).



Elaboração: O autor (2022).

**Figura 57** – Mapas da Precipitação Pluviométrica Média Anual TRMM (2009 e 2010).

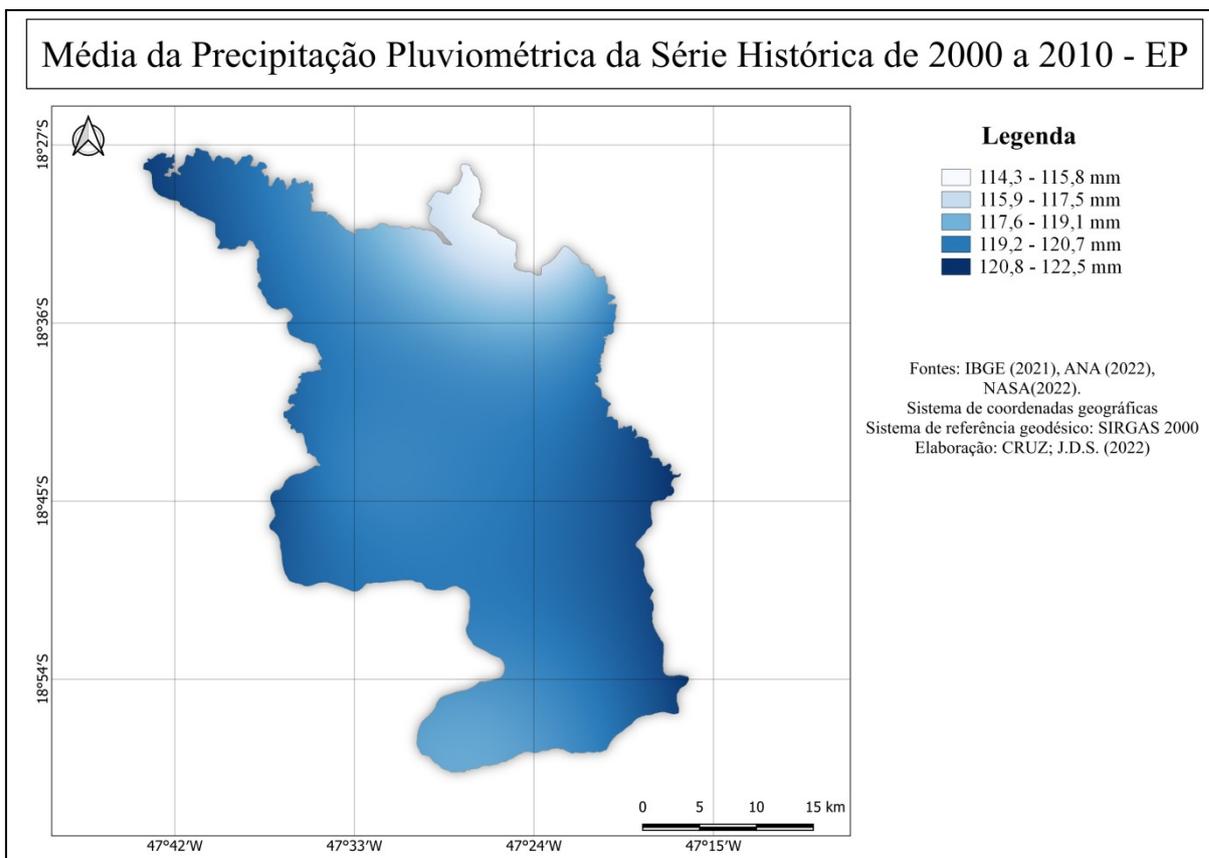


Elaboração: O autor (2022).

A **Figura 54**, **Figura 55**, **Figura 56** e **Figura 57** indicam que pela espacialização da média anual, de 11 anos, de precipitação pluviométrica, dos 7 pontos TRMM, para o município de Monte Carmelo – MG, o ano com maior média pluviométrica também foi o ano de 2000 (139,3 mm a 144,9 mm) e o ano com menor média anual pluviométrica foi o ano de 2007 (104,6 mm a 111,8 mm). É perceptível que, pelo satélite TRMM houve uma melhor distribuição sobre a área de estudo e os valores máximos de precipitação se concentraram também mais na região leste e sul do município.

Foram elaborados também, mapas da média da precipitação pluviométrica da série histórica de 11 anos, das estações pluviométricas e dos pontos TRMM, para o município de Monte Carmelo - MG. A **Figura 58** representa a média da precipitação pluviométrica de toda série histórica das estações pluviométricas.

**Figura 58** – Mapa da Precipitação Pluviométrica Média da Série Histórica - EP (11 anos).

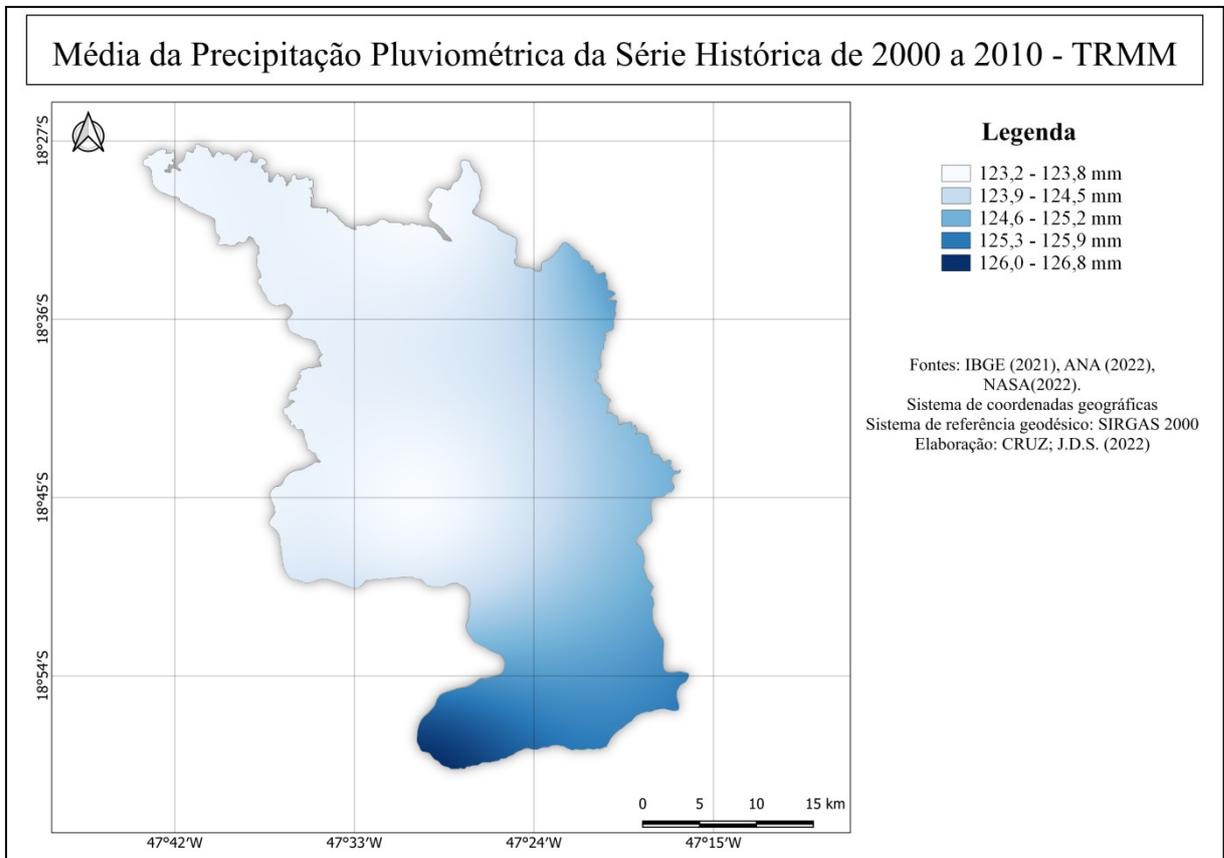


Elaboração: O autor (2022).

É notável, na **Figura 58** que a média de precipitação pluviométrica, durante os 11 anos, das estações pluviométricas, mostra um intervalo de variação de 114,3 mm a 122,5 mm no município de estudo. Houve uma boa distribuição espacial dos intervalos máximos de precipitação em toda área do município, ao longo desses 11 anos, com os valores mínimos concentrados na região nordeste do município.

A **Figura 59** representa a média da precipitação pluviométrica de toda série histórica dos pontos do satélite TRMM.

**Figura 59** – Mapa da Precipitação Pluviométrica Média da Série Histórica - TRMM (11 anos).



Elaboração: O autor (2022).

Na **Figura 59**, a média de precipitação pluviométrica, durante os 11 anos, dos 7 pontos do satélite TRMM, tiveram um intervalo de variação de 123,2 mm a 126,8 mm no município de estudo, possuindo uma amplitude maior, no seu intervalo, em comparação às estações pluviométricas. Apesar, do valor mínimo do intervalo ter predominância na distribuição pluviométrica no município, pela estimativa TRMM, esse intervalo ainda é maior que a máxima das estações pluviométricas, o que configura uma distribuição espacial semelhante, em termos de valores em milímetros, já que a máxima dos intervalos das estações é de 120,8 mm a 122,5 mm e a mínima do satélite TRMM foi 123,2 mm a 123,8 mm. Porém, os valores máximos do satélite se concentraram na região sul do município de Monte Carmelo-MG.

## 7 CONCLUSÃO

As estimativas de precipitação pluviométrica do produto 3B43, do satélite TRMM, versão 7, apresentaram boa correspondência na correlação dos dados, nas 7 localidades escolhidas, para execução da distribuição espacial de precipitação no município de Monte Carmelo-MG, durante o período de 01/01/2000 a 31/12/2010. O satélite TRMM, de forma geral, produziu uma estimativa satisfatória da precipitação pluvial em relação aos dados observados *in situ*, nas estações pluviométricas, apresentando valores de coeficiente de correlação ( $r$ ) superiores a 0,90, o que indica uma boa precisão dos dados estimados e uma correlação linear quase “perfeita” dos dados, considerando a metodologia de Hopkins (2000). Os valores de índice de concordância ( $d$ ), em geral, também foram superiores a 0,90, o que indica uma boa exatidão dos dados estimados. Os valores de índice de desempenho ( $c$ ) foram superiores a 0,85, o que indica um “Ótimo” desempenho dos métodos, segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997).

As estimativas do satélite TRMM foram consistentes, permitindo reproduzir com bastante coerência o regime pluviométrico do município de Monte Carmelo – MG, nos 11 anos da série histórica. As variações sazonais foram bem representadas, assim como, as características climáticas da região, com o inverno, sendo o período mais seco, e o verão, o período mais chuvoso. Em alguns casos, houve subestimação ou superestimação dos dados de precipitação de forma pontual, do satélite TRMM, possivelmente, resultado da diferença entre a escala da métrica de ambos os meios de medição, mas, quando ponderados sobre o município de estudo, apresentaram resultados consideráveis àqueles obtidos por interpolação de pluviômetros.

Os resultados deste trabalho mostraram que o satélite TRMM pode ser uma boa e eficiente fonte alternativa de dados pluviométricos, segundo os parâmetros estatísticos. Representando de forma satisfatória a variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica no período estudado. Logo, o produto 3B43, do satélite TRMM, pode contribuir em estudos pluviométricos em áreas que possuem baixa densidade de informações de superfície, bem como, no preenchimento de falhas e homogeneização dos dados de precipitação nas estações pluviométricas, ajudando a melhorar e compreender a espacialização da precipitação e seus processos físicos.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação desta metodologia utilizando novas fontes de dados para as variáveis de precipitação, como os satélites: GOES, METEOSAT, NOAA, FMS e DMSP.

## REFERÊNCIAS

- ALACOQUE, J.G. et al. Tema: PREENCHIMENTO DE FALHA EM SÉRIE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL POR MEIO DE SENSOR REMOTO ORBITAL TRMM, EM LAVRAS-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIX., 2019, Santos-SP. **Anais...** Santos: INPE, 2019. 255-258 p. v. 19. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/preenchimento-de-falhas-em-serie-temporal-da-precipitacao-pluvial-por-meio-de-sensor-remoto-orbital-trmm--em-lavras-mg>. Acesso em: 3 jul. 2022.
- ALMEIDA, C.T. *et al.* Avaliação das Estimativas de Precipitação do Produto 3B43-TRMM do Estado do Amazonas. **Floram**: Floresta e Ambiente, Seropédica, RJ, p. 279-286. 2015. DOI • <https://doi.org/10.1590/2179-8087.112114>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/pRfMsk9QMWhYjxGfJGDZvQF/?lang=pt>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- ALMEIDA, K. N. **ANÁLISE DE DESEMPENHO DO SATÉLITE TRMM NA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO SOBRE A REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPEMIRIM**. 2017. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017. Disponível em: <http://dspace3.ufes.br/handle/10/6894>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- ANA. **Agência Nacional de Águas**. 2022a. Disponível em: <https://dados.gov.br/organization/about/agencia-nacional-de-aguas-ana>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- ANA. **Mapa da Rede Hidrometeorológica Nacional**. 2022b. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 7 jul. 2022.
- ANA. **Séries Históricas de Estações**. 2022c. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 7 jul. 2022.
- AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. tradução: SANTOS, M.J.Z. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p. Disponível em: <https://doceru.com/doc/5vn55x>. Acesso em: 18 jun. 2022.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. PRECIPITAÇÃO. In: TUCCI, Carlos E.M. (org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2001. v. 4, cap. 5, p. 177-241. ISBN 85-7025-298-6. Disponível em: <https://doceru.com/doc/1n8e11>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 4.950-A, de 22 de Abril de 1966**. Dispõe sobre a remuneração de profissionais diplomados em Engenharia, Química, Arquitetura, Agronomia e Veterinária. Brasília, DF: Presidência da República, 1966. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/14950a.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14950a.htm). Acessado em 22/07/2022.
- CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89–97, 1997. Disponível em:

[http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos\\_sentelhas\\_1997/1997\\_RB\\_Agro\\_5\(1\)\\_89-97\\_ETPM%E9todosSP.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RB_Agro_5(1)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf). Acesso em: 17 nov. 2022.

CARVALHO, J. R.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: Comparação de métodos de interpolação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.2, p.377-384, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/DkfgDngCC4scj4yrGzqmFWr/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2022.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.501-504, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Wnyxg3rJy7WnQr99F95jz4B/?lang=pt#:~:text=2.-,A%20interpola%C3%A7%C3%A3o%20de%20%22K%22%20e%20%22c%22%20com%20o, valores%20de%20erro%20percentual%20m%C3%A1ximo>. Acesso em: 20 jun. 2022.

CHIERICE, R. A. F. **VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2013. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102946/chierice\\_raf\\_dr\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102946/chierice_raf_dr_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Acesso em: 28 jun. 2022.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017. cap. 3, p. 93-148. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/68597078/capitulo-3-hidrologia-de-encosta-na-interface-com-a-geomorfologia>. Acesso em: 11 jun. 2022.

COLLISCHONN, B. **Uso de Precipitação Estimada por Satélite em um Modelo Hidrológico Distribuído**. 2006. 193f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2006. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7684/000553512.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 20 ago. 2022.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. 2. ed. Porto Alegre: C.D.G, ABRH, 2015. 336 p. v. 1. ISBN 978-85-8868-634-2. Disponível em: [https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=216&TITULO=hidrologia\\_para\\_engenharia\\_e\\_ciencias\\_ambientais](https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=216&TITULO=hidrologia_para_engenharia_e_ciencias_ambientais). Acesso em: 22 jun. 2022.

CONTI, G. N. **ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO: ESTUDO DE CASO PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**. 2002. 205 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3000>. Acesso em: 10 jun. 2022.

DE PAULA, S. C. **PRECIPITAÇÃO ESTIMADA POR SATÉLITE PARA USO EM MODELO CONCENTRADO CHUVA-VAZÃO APLICADO EM DIFERENTES ESCALAS DE BACIAS**. 2015. 170 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7906>. Acesso em: 14 jun. 2022.

DNIT. **Sistema Nacional de Viação**. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acesso em: 6 jul. 2022.

ESA. **European Space Agency**. 2022. Disponível em: [https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_PT/SEMSNF65P1G\\_0.html#:~:text=Os%20sat%C3%A9lites%20ERS%20constru%C3%ADdos%20e,e%20mede%20o%20sinal%20reflectido](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_PT/SEMSNF65P1G_0.html#:~:text=Os%20sat%C3%A9lites%20ERS%20constru%C3%ADdos%20e,e%20mede%20o%20sinal%20reflectido). Acesso em: 14 jun. 2022.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. ISBN 978-85-86238-71-0. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/xe08nnv>. Acesso em: 14 jun. 2022.

FRANCO, A.C.L.; UDA, P.K. Comparação de métodos de espacialização da precipitação na bacia do alto rio Negro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, XVII., 2015, João Pessoa - PB. **Anais....** Universidade Federal de Santa Catarina: INPE, 2015. 3052-3058 p. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0607.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

GES DISC DAAC. **TRMM (TMPA/3B43) Rainfall Estimate L3 1 month 0.25 degree x 0.25 degree V7 (TRMM\_3B43)**. Disponível em: [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM\\_3B43\\_7/summary?keywords=TRMM&start=2000-01-01&end=2010-12-31&bbox=-55.494,-21.318,-41.959,-16.572](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM_3B43_7/summary?keywords=TRMM&start=2000-01-01&end=2010-12-31&bbox=-55.494,-21.318,-41.959,-16.572). Acesso em: 7 jul. 2022

GUIMARÃES, R. C. Ciclo hidrológico. In: GUIMARÃES, Rita Cabral et al. **Hidrologia Agrícola**. 2. ed. Évora: Universidade de Évora, 2017. cap. 1, p. 1-4. ISBN 978-989-8550-40-8. Disponível em: [https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/22180/1/Livro\\_Hidrologia\\_Agricola.pdf](https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/22180/1/Livro_Hidrologia_Agricola.pdf). Acesso em: 8 jun. 2022.

HIDROWEB. **Consultar Arquivos Disponíveis para Download**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/download>. Acesso em: 6 jul. 2022.

HIDROWEB. **Séries Históricas de Estações**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 6 jul. 2022.

HOLTZ, A. C. T. **PRECIPITAÇÃO**. In: SOUSA PINTO, N. L. et al. **HIDROLOGIA BÁSICA**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. cap. 1, p. 1-5. ISBN 97-8852-120-154-0. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/ncx0cc1>. Acesso em: 10 jun. 2022.

HOPKINS, W.G. **A New View Statistics: Correlation Coefficient**. Internet Society for Sport Science, 2000. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso em: 16 nov. 2022.

HUFFMAN, G.J., BOLVIN, D.T., 2017. **TRMM and other data precipitation data set documentation**. Disponível: [www.meso-a.gsfc.nasa.gov/pub/trmmdocs/3B42\\_3B43\\_doc.pdf](http://www.meso-a.gsfc.nasa.gov/pub/trmmdocs/3B42_3B43_doc.pdf). Acesso 18 jan. 2022.

IBGE. **Malha Municipal**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 01 jul. 2022..

IBGE. **Monte Carmelo**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/panorama>. Acesso em: 01 jul. 2022.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**. 2006. Disponível em: <http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/M%C3%A9todosInterpol%C3%A7%C3%A3o.PDF>. Acesso em: 14 ago. 2022.

JAXA. Japan Aerospace Exploration Agency, 2007. **Outline of TRMM Instruments**. Disponível: [https://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/about/mechanism/main\\_e.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/about/mechanism/main_e.htm). Acesso: 20 jun. 2022.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948, 478p. Disponível em: [https://issuu.com/lucaspestana/docs/koeppen\\_climatologia](https://issuu.com/lucaspestana/docs/koeppen_climatologia). Acesso em: 6 jul. 2022.

KUMMEROW, C. et al. The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after Two years in Orbit. **Journal of Applied Meteorology**, vol. 39, n. 12, pp. 1965-1982, 2000. Disponível em: [https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/39/12/1520-0450\\_2001\\_040\\_1965\\_tsottr\\_2.0.co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/39/12/1520-0450_2001_040_1965_tsottr_2.0.co_2.xml). Acesso em: 8 jul. 2022.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 pp. 2000. Disponível em: <https://docplayer.com.br/115230-Introducao-aos-metodos-de-estimacaoespacial-para-confeccao-de-mapas.html>. Acesso em: 14 jun. 2022.

LIMA, W.P. **HIDROGRAFIA FLORESTAL APLICADA AO MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**. Piracicaba: USP, 2008. 253 p. Disponível em: [https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistorico/informacoestecnicas/hidrologia\\_florestal\\_aplicada\\_ao\\_manejo\\_de\\_bacias\\_hidrograficas.pdf](https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistorico/informacoestecnicas/hidrologia_florestal_aplicada_ao_manejo_de_bacias_hidrograficas.pdf). Acesso em: 8 jun. 2022.

LOPES, L.R; TRIGO, A.R.T.V; FRANKEN, W.K; FERREIRA, S.J.F; MARQUES, F.A.O; FAJARDO, J. D. V. Interceptação e ciclagem de nutrientes em floresta de encosta na Amazônia Central. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTROOESTE, I, 2007, Cuiabá-MT. **Anais...** Cuiabá, 2007. 1-12 p. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/23921>. Acesso em: 8 jun. 2022.

MELLO, C. R. de.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; SILVA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.5, p.925-933, 2003. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/rbcs/a/y8D7cxSnMvZhNg6c3HGcBKG/?lang=pt#:~:text=\(1998\)%20encontraram%20erros%20m%C3%A9todos%20na,dentro%20da%20margem%20de%20aceita%C3%A7%C3%A3o](https://www.scielo.br/j/rbcs/a/y8D7cxSnMvZhNg6c3HGcBKG/?lang=pt#:~:text=(1998)%20encontraram%20erros%20m%C3%A9todos%20na,dentro%20da%20margem%20de%20aceita%C3%A7%C3%A3o). Acesso em: 13 jun. 2022.

MENDES, A. B. **APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA REGIÃO ESTUARINA DA LAGUNA DOS PATOS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**. 1990. 206 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/197934>. Acesso em: 16 jun. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Brasil. **Ciclo hidrológico: Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico**. 2022. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/420-ciclo-hidrol%C3%B3gico.html#:~:text=O%20ciclo%20hidrol%C3%B3gico%2C%20ou%20ciclo,dos%20oceanos%20e%20dos%20continentes>. Acesso em: 8 jun. 2022.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2 ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 425 p.

MONTE CARMELO. **Prefeitura de Monte Carmelo – Perfil municipal**. Disponível em: <https://www.montecarmelo.mg.gov.br/perfil>. Acesso em: 10 jul. 2022.

NASA. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2018. **TRMM e outras fontes de dados**. Disponível: < [http://rain.atmos.colostate.edu/CRDC/datasets/TRMM\\_3B43.html](http://rain.atmos.colostate.edu/CRDC/datasets/TRMM_3B43.html)>. Acesso: 20 jun. 2022.

NASA. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2018. **Tropical Rainfall Measuring Mission TRMM**. Disponível: < <https://trmm.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso: 18 jun. 2022.

NERILO, N. **Pluviometria e chuvas intensas no Estado de Santa Catarina**. 1999. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/123456789/80610/1/151852.pdf> Acesso em: 9 jun. 2022.

NÓBREGA, R.S; SOUZA, E.P; GALVÍNIO, J.D. Análise da Estimativa de Precipitação do TRMM em uma Sub-bacia da Amazônia Ocidental. **Revista de Geografia**, v. 25, n. 1, p. 6-20, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228747/23160>. Acesso em: 11 jul. 2022.

OLIVEIRA, I.J; NASCIMENTO, D.T.F. Aplicação das estimativas de precipitação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1664-1679, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236495>. Acesso em: 3 jul. 2022.

OMETTO, J.C. **BIOCLIMATOLOGIA VEGETAL**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1981. 216 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/195322224/Bioclimatologia-vegetal-Ometto-JC-pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

RODRIGUES, C.M. Ciclo hidrológico. In: GUIMARÃES, Rita Cabral et al. **Hidrologia Agrícola**. 2. ed. Évora: Universidade de Évora, 2017. cap. 4, p. 81-118. ISBN 978-989-8550-40-8. Disponível em:

[https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/22180/1/Livro\\_Hidrologia\\_Agricola.pdf](https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/22180/1/Livro_Hidrologia_Agricola.pdf). Acesso em: 10 jun. 2022.

SANTOS, I. dos et al. **HIDROMETRIA APLICADA**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372 p. ISBN 85-88519-01-1. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/cxne0s8>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SCADUTO, L.C.N. **Desenvolvimento e avaliação do desempenho de sistema óptico aplicado a sensoriamento remoto orbital**. 2008. 240 p. Dissertação (Mestrado em Física aplicada) - Instituto de Física de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76132/tde-02032009-135211/pt-br.php>. Acesso em: 16 jun. 2022.

SCHULTZ, G. A.; ENGMAN, E. T. **Remote Sensing in Hydrology and Water Management**. Berlin: Springer, 2000. 483 p. ISBN 978-3-642-64036-0. DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-642-59583-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-59583-7#bibliographic-information>. Acesso em: 16 jun. 2022.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **INTRODUÇÃO AO GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**. 2 ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p. il. Disponível em: <https://www.doccity.com/pt/introducao-ao-gerenciamento-de-rec-hidricos-ana-aneel/4714034/>. Acesso em: 03 jul. 2022.

SILVEIRA, A. L.L. CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA. In: TUCCI, Carlos E.M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2001. v. 4, cap. 2, p. 35-51. ISBN 85-7025-298-6. Disponível em: <https://doceru.com/doc/1n8e11>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SOUSA JUNIOR, W. C. de. **Monitoramento Hidrológico: Aspectos Quantitativos**. RedeVale, 2013. 33 p. Disponível em: [http://sigaceivap.org.br/publicacoes/2011/Processo\\_CT121-2011/VOLUME\\_IV/Processo\\_CT121-2011\\_VolumeIV-RP3\\_ANEXOS-FL764/Anexo%20Y/RV\\_Apostila\\_MHAQ\\_M-I.pdf](http://sigaceivap.org.br/publicacoes/2011/Processo_CT121-2011/VOLUME_IV/Processo_CT121-2011_VolumeIV-RP3_ANEXOS-FL764/Anexo%20Y/RV_Apostila_MHAQ_M-I.pdf). Acesso em: 8 jun. 2022.

SOUSA PINTO, N. L. de. INTRODUÇÃO. In: SOUSA PINTO, Nelson L. et al. **HIDROLOGIA BÁSICA**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. cap. 1, p. 1-5. ISBN 97-8852-120-154-0. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/ncx0cc1>. Acesso em: 9 jun. 2022.

SOUSA, R. R.; ROSA, D. B.; NASCIMENTO, L. A.; LIMA, P. R. M. ESTUDO DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO EXTREMO NORTE DO ESTADO DE MATO GROSSO ENTRE OS ANOS DE 1990 A 1996. **GEOAMBIENTE ONLINE**, n. 7, juldez/2006. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/25918/14888>. Acesso em: 02 set. 2021.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **A Água**. São Carlos: SCIENTIA, 2020. 130 p. ISBN 978-65-5668-005-7. DOI <http://dx.doi.org/10.26626/978-65-5668-005-7/B0001>. Disponível em: [https://sbhsf.com.br/wp-content/uploads/2020/08/novo\\_A\\_AGUA.pdf](https://sbhsf.com.br/wp-content/uploads/2020/08/novo_A_AGUA.pdf). Acesso em: 3 jul. 2022.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. 2. ed. Recife, 2006. 463 p.

Disponível em:

[https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf). Acesso em: 9 jun. 2022.

VILLELA, S.M; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil,

1975. 245 p. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/villela-s-m-matos-a-hidrologia-aplicada-caps-1-2-e-3.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2022.

WILLMOTT, C.J. et al. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.0, n. C5, p.8995-9005, 1985. Disponível em:

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JC090iC05p08995>. Acesso em: 26 jun. 2022.

WISSMANN, J.A. et al. FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE

CONSISTÊNCIA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS. **Revista Varia Scientia**, v. 06, n. 11, p. 99-106, 2006. Disponível em: [https://e-](https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/view/710)

[revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/view/710](https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/view/710). Acesso em: 8 jul. 2022.